

Aplikasi Serum Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (*Syzigium myrtifolium* Walp.) Terenkapsulasi Nanopartikel sebagai Antioksidan

*Application of Serum Nanoextract of Red Shoot Leaf (*Syzigium myrtifolium* Walp) Encapsulated in Nanoparticles as an Antioxidant*

Uce Lestari^{1,2*}, Fathnur Sani^{1,2}, Muhaimin Muhaimin³, Yuliana Yuliana⁴ dan Luri Mekeama⁴

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Profesi Apoteker, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

³Departemen Biologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

⁴Program Studi Keperawatan, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

*Corresponding author: ucelestari@unja.ac.id

Diterima: 09 Oktober 2025; **Disetujui:** 02 April 2026; **Dipublikasi:** 30 April 2026

Abstrak

Perkembangan sistem penghantaran berbasis nanoteknologi dalam bidang kosmetik semakin meningkat, salah satunya melalui serum nanoekstrak yang mampu meningkatkan stabilitas dan efektivitas bahan aktif terutama yang berasal dari bahan alam seperti Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (*Syzigium myrtifolium* Walp). Senyawa flavonoid dan fenolik pada ekstrak Daun Pucuk Merah memiliki aktivitas antioksidan tinggi, namun rentan mengalami degradasi akibat paparan cahaya dan oksidasi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formula serum nanoekstrak daun pucuk merah dengan karakteristik fisik dan aktivitas antioksidan terbaik. Nanoekstrak diformulasikan menggunakan metode gelas ionik dengan polimer kitosan dan alginat serta natrium tripolifosfat sebagai *crosslinker*, selanjutnya di formulasi dalam sediaan serum. Hasil karakterisasi menunjukkan ukuran partikel berada pada rentang 135,5-194,4 nm dengan nilai PDI pada rentang 0,463-0,991 dan rentang zeta potensial -23,7 mV s.d -25,6 mV. Formula Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM) menunjukkan aktivitas antioksidan sangat kuat dengan nilai IC₅₀ sebesar 1,86 ppm, lebih baik dibandingkan ekstrak daun pucuk merah tanpa formulasi nanoteknologi yang memiliki nilai IC₅₀ sebesar 6,16 ppm. Formula II Serum Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (SNDPM) dengan berat ekstrak 0,28 g menghasilkan karakteristik fisik, stabilitas dan aktivitas antioksidan yang terbaik. Serum Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (SNDPM) berpotensi dikembangkan sebagai kosmetik alami yang inovatif, aman, dan ramah lingkungan untuk melindungi kulit dari radikal bebas dan paparan sinar ultraviolet.

Kata kunci: Antioksidan; Nanopartikel; Pucuk merah; Serum

Abstract

Nanotechnology delivery systems in the cosmetic field are currently increasingly developing, one of which is serum, which can increase the stability and effectiveness of active ingredients,

especially those derived from natural sources such as Red Pucuk Leaf extract (Syzigium myrtifolium Walp). With the nanoparticle system, the bioactive compounds in red shoot leaf extract, such as flavonoids and phenolics, have antioxidant activity that penetrates deeper into the skin layers well and stably. The aim of this research is to determine the best red shoot leaf nanoextract serum formula and to find out which has very strong antioxidant activity. However, exposure to light and oxidation often causes the stability and effectiveness of these active compounds to decrease. Therefore, nanoparticle encapsulation technology is used to improve the bioactive performance of the extract, including its stability and absorption. Ethanol extracted from red shoot leaves to make serum with the ionic gelation method is used to formulate nanoparticles with natural polymers such as chitosan. The characterization results show that the particle size is in the range of 135.5-194.4 nm, has a relatively uniform distribution with a PDI value in the range of 0.463-0.991 and has a relatively good zeta stability potential value with a good range of -23.7 mV to -25.6 mV and has a very strong antioxidant activity of 1.86 ppm compared to Red Shoot Leaf Nanoextract (RSLN) of 6.17 ppm with the DPPH method. Therefore, Red Shoot Leaf Nanoextract Serum (RSLNS) at 0.28 g (FII) has good stability, properties, and antioxidant activity compared to other formulas, making an innovative, safe, and environmentally friendly natural cosmetic product that protects the skin from free radicals and ultraviolet light.

Keywords: Antioxidant; Nanoparticles; Red shoots; Serum

1. PENDAHULUAN

Sistem penghantaran teknologi berbasis nanopartikel merupakan salah satu sistem penghantaran yang sedang populer saat ini, khususnya dibidang kosmetik (Lestari *et al.* 2023a). Hal ini bertujuan salah satunya untuk meningkatkan aktivitas antioksidan dan melindungi kulit dari paparan sinar ultraviolet (Sahu, 2013). Sistem penghantaran ini memungkinkan senyawa aktif, seperti flavonoid dan polifenol dapat terserap lebih dalam dan lebih stabil dalam kulit, sehingga meningkatkan kemampuan sistem untuk menangkal radikal bebas akibat paparan sinar matahari (Vaiserman *et al.* 2020). Selain itu, sistem nanopartikel memiliki kemampuan untuk meningkatkan ketahanan atau stabilitas bahan aktif terhadap degradasi lingkungan dan meningkatkan daya serap jika diformulasi menjadi bentuk serum (Lestari *et al.* 2023b). Sistem penghantaran berbasis nanopartikel menjadi pilihan utama dalam industri kosmetik karena dapat meningkatkan efisiensi senyawa bioaktif salah satunya dalam bentuk serum (Lestari *et al.* 2025a).

Serum yang mengandung nanoekstrak daun pucuk merah memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *soothing gel* dan nanoekstrak daun pucuk merah sendiri. Adapun mekanisme serum dalam penghantaran senyawa bioaktif dari nanoekstrak daun pucuk merah adalah adanya donasi elektron atau hidrogen dari senyawa antioksidan untuk menetralkan radikal bebas, sehingga dapat mencegah stres oksidatif yang dapat merusak sel dan jaringan kulit dalam jangka waktu yang lama (Sindhu *et al.* 2022; Ridzuan *et al.* 2024). Teknologi nanoenkapsulasi memungkinkan senyawa aktif (flavonoid dan polifenol) dapat terserap lebih cepat ke dalam lapisan kulit, meningkatkan bioavailabilitas, mempercepat penetrasi, dan memperpanjang durasi pelepasan zat aktif. Formulasi dalam bentuk serum ini dapat meningkatkan penetrasi dan stabilitas senyawa aktif, akibatnya aktivitas antioksidan

bekerja lebih baik pada lapisan kulit yang lebih dalam sehingga memberikan perlindungan lebih lama, dan mempercepat regenerasi sel kulit (Lestari *et al.* 2025c).

Menurut penelitian sebelumnya, Ekstrak Daun Pucuk Merah Hijau (EDPMH) memiliki IC_{50} sebesar 6,164 ppm, sedangkan Ekstrak Daun Pucuk Merah Merah (EDPMM) memiliki IC_{50} sebesar 8,572 ppm. EDPMH dan EDPMM keduanya sama-sama memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat, tetapi EDPMH yang memiliki aktivitas antioksidan sedikit lebih tinggi di dibandingkan dengan EDPMM. Kandungan senyawa aktif dari EDPMM memiliki kadar polifenolik total 14,03% dan kadar flavonoid total 2,35%, sedangkan EDPMH memiliki kadar polifenolik total 1,29% dan kadar flavonoid total 2,80%. Selain itu, pada penelitian ini juga menyatakan bahwa pada *Soothing Gel* EDPMH dengan konsentrasi 3 % memiliki sifat fisik dan stabilitas yang baik selama penyimpanan 3 bulan, tetapi nilai IC_{50} sebesar 4704 ppm dengan katagori sangat lemah (Lestari *et al.* 2024). Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka nilai IC_{50} semakin kecil tetapi dari sifat fisik dan stabilitas kurang baik, maka pembuatan serum dari Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM) dengan konsentrasi Ekstrak Daun Pucuk Merah (EDPM) yang kecil mampu meningkatkan aktivitas, stabilitas, bioavailabilitas, penetrasi ke dalam kulit dibandingkan serum dari EDPM (Lestari *et al.* 2024).

Berdasarkan latar belakang di atas maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengembangan sistem penghantaran sediaan serum yang terbuat dari nanoekstrak daun pucuk merah yang berwarna hijau sebagai antioksidan, sehingga dengan sediaan serum dibutuhkan konsentrasi nanoekstrak daun pucuk merah lebih kecil tetapi memberikan aktivitas antioksidan yang sangat besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antioksidan nanopartikel ekstrak daun pucuk merah dalam sediaan serum nanoekstrak dibandingkan dengan aktivitas antioksidan ekstrak daun pucuk merah saja serta menentukan formula serum nanoekstrak daun pucuk merah berat ekstrak sebesar 0,14 g (F1); 0,28 g (FII) dan 0,70 g (FIII) yang memiliki sifat fisik dan stabilitas penyimpanan yang terbaik.

Diharapkan nantinya hasil riset yang berupa serum nanoekstrak daun pucuk merah memiliki aktivitas antioksidan tinggi walaupun dengan konsentrasi yang kecil dan meningkatkan stabilitasnya dibandingkan dengan *soothing gel* ekstrak daun pucuk merah. Serum antioksidan yang berasal dari nanoekstrak daun pucuk merah, yang merupakan temuan terkini dalam penelitian ini, yang mampu meningkatkan aktivitas antioksidan melalui sistem penghantaran nanopartikel dan tetap stabil secara fisik selama penyimpanan dengan konsentrasi yang kecil.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu daun pucuk merah diperoleh dari Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi. Penyari yang digunakan untuk ekstraksi yaitu Etanol 70% (Merck). Bahan yang digunakan untuk pembuatan serum yaitu kitosan (Brataco), NaTPP (Brataco), asam asetat (Brataco), Natrium Alginat (Brataco), HPMC (Brataco), DMDM hydantoin (Brataco), pewangi oleum rosae (Brataco), Phenoksi etanol (Brataco), natrium metabisulfite (Brataco), aquadest (Brataco).

2.2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas ukur (pyrex), gelas beaker (pyrex), batang pengaduk (pyrex), corong (pyrex), timbangan analitik (OHAUS PX 224), *aluminium foil*, *water bath*, biuret (pyrex), statim, hotplate, magnetic stirrer (Thermo Scientific), pH meter (AZ 8651), *Viscometer Brookfield* (DV2T), Zetasizer (Zen3600), alat uji daya lekat dan daya sebar, masker, dan sarung tangan.

2.3. Metode

2.3.1. Pembuatan ekstrak daun pucuk merah

Setelah dibersihkan dan dipisahkan dari tangkainya, daun pucuk merah dikeringkan dengan dianginkan sampai beratnya seimbang, lalu dihaluskan menjadi serbuk. 5 kilogram serbuk dimaserasi dengan 10 liter pelarut etanol 70% destilat. Selama enam jam pertama, rendam serbuk sampel dengan pengadukan sekali-kali, dan diamkan selama tiga kali sehari. Setelah itu, penyaringan dilakukan untuk membedakan residu dan maserat. Selanjutnya, maserat dimasukkan ke dalam *rotary evaporator* untuk menghasilkan ekstrak kental. Kemudian, rendemen ekstrak kental dihitung (Lestari *et al.* 2023c; Lestari *et al.* 2024; Setiawan *et al.* 2017).

2.3.2. Rancangan formula Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM) dan Serum Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (SNDPM)

Formula terdiri dari 3 buah dengan konsentrasi Ekstrak Daun Pucuk Merah (EDPM) yang berbeda-beda yaitu FI (0,14 g), FII (0,28 g) dan FIII (0,70 g) dengan total larutan nanopartikel sebesar 310 ml. Hasil rancangan formula NDPM dan SNDPM (Tabel 1 dan Tabel 2).

Tabel 1. Rancangan formula Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM).

Bahan	NDPM I	NDPM II	NDPM III
Ekstrak daun pucuk merah	0,14 g	0,28 g	0,70 g
Etanol	20 ml	20 ml	20 ml
Asam asetat	200 ml	200 ml	200 ml
Kitosan	1 %	1 %	1 %
Natrium Tri Poli Fospat (NaTPP)	0,7 %	0,7 %	0,7 %
Alginat	1 %	1 %	1 %
Aquadest	90 ml	90 ml	90 ml

Tabel 2. Rancangan formula Serum Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (SNDPM).

Bahan	SNDPM I (%)	SNDPM II (%)	SNDPM III (%)
NDPM I, NDPM II, NDPM III	20	20	20
Dimethylol Dimethyl Hydantoin	0,5	0,5	0,5
Phenoksi etanol	0,9	0,9	0,9
Natrium metabisulfite	0,075	0,075	0,075
HPMC	0,5	0,5	0,5
Oleum rosae	q.s	q.s	q.s
Aquadest	ad 100	ad 100	ad 100

2.3.3. Uji karakteristik Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM)

Tiga parameter evaluasi karakteristik nanopartikel meliputi ukuran partikel, Poli Dispersitas Indeks (PDI), dan zeta potensial. Ketiga pengukuran ini sangat penting dalam pemahaman karakteristik sifat-sifat nanopartikel. Tujuan uji karakteristik Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM) adalah untuk mengetahui sifat fisikokimia, ukuran dan stabilitas nanopartikel, serta memastikan kualitas dan efektivitasnya sebagai bahan aktif dalam sediaan (Lestari *et al.* 2025b).

2.3.4. Evaluasi sifat fisik sediaan SNDPM

2.3.4.1. Uji organoleptik

Uji organoleptik dilakukan melalui pemeriksaan secara visual meliputi warna, bau, dan tekstur serum (Rinaldi *et al.* 2020).

2.3.4.2. Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan dengan mengoleskan serum pada kaca transparan dan harus menunjukkan susunan yang homogen ditandai dengan tidak adanya permukaan partikel yang kasar (Ahmad *et al.* 2019).

2.3.4.2. Uji pH

Uji pH dilakukan dengan mencelupkan elektroda pH, lalu dicatat skala pH pada tiap sediaan (Ahmad *et al.*, 2019).

2.3.4.3. Uji derajat sedimentasi

Pemeriksaan derajat sedimentasi dilakukan menggunakan gelas ukur berkapasitas 10 mL. Sampel serum dimasukkan sebanyak 10 mL ke dalam gelas ukur, kemudian diamati kondisi awalnya sebelum penyimpanan. Selanjutnya, sampel disimpan selama satu bulan dan diamati kembali untuk mengukur tinggi endapan yang terbentuk. Perhitungan nilai derajat sedimentasi (Nilai F) menggunakan Persamaan 1 (Lestari *et al.* 2024).

$$F = \frac{\text{Volume setelah sedimentasi}}{\text{Volume sebelum sedimentasi}}$$

Persamaan 1. Perhitungan nilai derajat sedimentasi (Nilai F).

2.3.4.4. Uji daya lekat

Uji daya lekat dilakukan dengan menempatkan 0,5 gram serum pada gelas, kemudian tekan gelas lain dengan beban 1 kilogram selama lima menit. Kemudian, beban 80 gram dilepaskan dari gelas saat gelas dipasang pada alat uji, dan waktu dicatat sampai gelas terpisah satu sama lain. (Patel *et al.* 2018).

2.3.4.5. Uji daya sebar

Uji daya sebar dilakukan dengan memenuhi bagian tengah kaca bulat dengan 0,5 gram serum. Kemudian tutup kaca bulat lainnya. Beban 50 gram, 100 gram, dan 150 gram

ditingkatkan dengan hati-hati selama satu menit. Saat sediaan berhenti menyebar, catat diameter penyebarannya (Patel *et al.* 2018).

2.3.4.6. Uji viskositas

Viskositas sediaan diukur menggunakan alat *viscometer Brookfield* dengan *spindle* yang dicelupkan ke dalam serum. Hasil akan ditampilkan pada monitor *viscometer* dalam centipoise (Lestari *et al.* 2023d).

2.3.5. Uji stabilitas sediaan SNDPM

Sediaan disimpan pada suhu kamar selama satu bulan dan diamati sebelum dan setelah penyimpanan pada hari ke 0, 1, 3, 5, 7, 9, 14, 21 dan 28. Pengujian yang diamati sebelum dan setelah penyimpanan pada hari-hari di atas antara lain uji organoleptis, uji homogenitas, uji derajat sedimentasi, uji pH, uji daya sebar, uji daya lekat dan uji viskositas (Lestari *et al.* 2023d).

2.3.6. Uji aktivitas antioksidan Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM).

2.3.6.1. Pembuatan larutan DPPH

Metode yang dikembangkan oleh Taslim dan Pratama (2020) terlebih dahulu membuat larutan DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) dengan penimbangan 10 mg DPPH, kemudian dilarutkan dengan etanol pa 100 ml sehingga larutan memiliki konsentrasi 1000 ppm. Kemudian, dipipet 3,5 ml dan diencerkan dengan etanol pa sampai 100 ml sehingga mencapai konsentrasi 35 ppm (Adawiyah *et al.* 2029; Lestari *et al.* 2023c).

2.3.6.2. Penentuan aktivitas antioksidan NDPM

Untuk membuat larutan induk sampel, pertama-tama dibuat larutan uji sampel dengan beberapa konsentrasi, di mana larutan uji dari sampel dengan beberapa konsentrasi dari larutan induk sampel 100 ppm diencerkan dengan pipet sebanyak 0,5 dan 1, kemudian seluruh formula serum dilarutkan dalam etanol sampai tanda batas 100 ml memperoleh 1000 ppm, yang kemudian diencerkan kembali sampai 100 ppm. 1 ml larutan uji dari masing-masing konsentrasi dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang dibalut dengan aluminium foil. Kemudian, setiap tabung reaksi ditambahkan DPPH 35 ppm sebanyak 2 ml. Didiamkan selama tiga puluh menit, dan serapan diukur pada panjang gelombang maksimum. Vitamin C digunakan sebagai kontrol positif dengan perlakuan yang sama terhadap sampel (Adawiyah *et al.* 2029; Lestari *et al.* 2023c).

2.3.7. Analisis data

Analisis data evaluasi sifat fisik seperti uji organoleptis dan homogenitas dilakukan secara deskriptif. Analisis data evaluasi sifat fisik seperti uji pH, uji derajat sedimentasi, uji daya sebar, uji daya lekat, dan stabilitas dengan menggunakan uji Analisis Varians Dua Arah (ANOVA). Analisa uji viskositas menggunakan Analisis Varians Satu Arah (ANOVA). Jika terdapat data yang berbeda dilakukan uji lanjut yaitu uji *Duncan* untuk melihat perbedaan nyata antar perlakuan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pembuatan ekstrak daun pucuk merah

Ekstraksi secara maserasi dilakukan selama tiga kali dua puluh empat jam dengan tujuan memaksimalkan penarikan senyawa bioaktif, yang memungkinkan difusi lebih banyak. Setelah itu, penyaringan dan evaporasi dilakukan. Tujuan evaporasi adalah untuk memisahkan zat terlarut yang tidak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap untuk menghasilkan ekstrak yang pekat (Taslim *et al.* 2020). Setelah mengumpulkan 275,52 gram ekstrak daun pucuk merah dengan rendemen 9,18%, skrining fitokimia dilakukan untuk menentukan kandungan senyawa bioaktif.

Tabel 3. Hasil skrining fitokimia ekstrak daun pucuk merah (*Syzigium myrtifolium*. Walp). Keterangan: Mengandung senyawa uji (+) dan Tidak mengandung senyawa uji (-).

Senyawa Metabolit Sekunder	Hasil
Flavonoid	+
Fenolik	+
Saponin	+
Tanin	+
Alkoloid	-
Triterpenoid	-
Steroid	-

Hasil rendemen sebanyak 9,18% dari ekstraksi daun pucuk merah menunjukkan bahwa prosedur ekstraksi bekerja dengan baik. Adapun faktor hasil rendemen ekstrak daun pucuk merah dipengaruhi oleh jenis pelarut, waktu dan suhu ekstraksi, serta ukuran partikel simplisia, tetapi hasil rendemen ini menunjukkan bahwa jumlah senyawa bioaktif yang berada pada daun pucuk merah berhasil diekstraksi menggunakan pelarut etanol 70%. Hasil rendemen tersebut sangat signifikan dan menunjukkan bahwa ekstrak daun pucuk merah mengandung banyak senyawa bioaktif berdasarkan hasil pengujian skrining fitokimia ekstrak daun pucuk merah (*Syzigium myrtifolium*. Walp) (Tabel 3) yang sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa kandungan total flavonoid dan fenolik sangat banyak ditemukan pada ekstrak daun pucuk merah yaitu sebesar 33,19 mg/g dan 1,29 %. Oleh karena itu, ekstrak daun pucuk merah dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat produk farmasi atau kosmetik alami (Lestari *et al.* 2024).

3.2. Uji Karakteristik nanoekstrak daun pucuk merah

3.2.1. Pembuatan Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM)

Pembuatan Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM) dilakukan menggunakan sistem nanopartikel berbasis polimer alami kitosan dan alginat dengan metode dengan metode gelasi ionik serta menggunakan NaTPP sebagai *cross-linker*. Formula NDPM dibuat dalam tiga variasi formula NDPM I (0,14 g), NDPM II (0,28 g) dan NDPM III (0,70 g) (Gambar 1). Variasi konsentrasi ekstrak dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik nanopartikel yang dihasilkan. Sistem nanopartikel diharapkan dapat meningkatkan stabilitas dan aktivitas antioksidan ekstrak daun pucuk merah.



Gambar 1. Hasil Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM) dengan variasi konsentrasi ekstrak pada formula NDPM I (0,14 g), NDPM II (0,28 g) dan NDPM III (0,70 g).

3.2.2. Pengujian karakteristik NDPM

Hasil karakteristik NDPM (Tabel 4) menunjukkan bahwa semua formula NDPM memenuhi parameter yang telah ditetapkan dan memiliki karakteristik sifat fisik yang baik dengan berat ekstrak daun pucuk merah pada formula NDPM I, NDPM II dan NDPM III berturut-turut sebesar 0,14 g; 0,28 g; 0,70 g. Karakterisasi nanoekstrak daun pucuk merah menunjukkan bahwa ukuran partikel rata-rata sebesar $168,1 \text{ nm} \pm 0,001$ adalah ukuran nanopartikel yang ideal untuk penggunaan kosmetik dan topikal dan tetap aman untuk digunakan karena masih berada dalam ukuran partikel di bawah 200 nm (Tabel 4). Hal ini memungkinkan penetrasinya lebih baik ke lapisan epidermis tanpa menembus terlalu dalam lapisan kulit. Selain itu, nilai PDI juga menunjukkan bahwa proses formulasi, seperti sonikasi atau enkapsulasi, berhasil menghasilkan partikel dengan ukuran nanometer yang seragam dan stabil, sehingga dapat meningkatkan kinerja bahan aktif daun pucuk merah dalam melindungi kulit dari sinar ultraviolet atau radikal bebas (Lazaridou *et al.* 2020; Lestari *et al.* 2025b; Shabrina *et al.* 2025).

Tabel 4. Karakteristik Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM). *Keterangan:* Memenuhi syarat (*).

Formula	Ukuran Partikel (nm)	PDI	Zeta potensial (mV)
NDPM I	$174,5 \pm 0,001^*$	$0,991 \pm 0,003^*$	$-25,0 \pm 0,001^*$
NDPM II	$135,5 \pm 0,005^*$	$0,791 \pm 0,001^*$	$-25,6 \pm 0,001^*$
NDPM III	$194,4 \pm 0,002^*$	$0,463 \pm 0,002^*$	$-23,7 \pm 0,002^*$

Nilai Poli Dispersitas Indeks (PDI) dari formula NDPM I, NDPM II dan NDPM III memiliki PDI berturut-turut sebesar 0,991; 0,791; 0,463 menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel masih sedikit lebar, hal ini menunjukkan bahwa sistem nanopartikel masih homogen dan memenuhi persyaratan PDI 0,1-1,0 (Tabel 4). Namun, nilai ini masih dapat diterima untuk formulasi awal atau penelitian eksploratif karena menunjukkan kestabilan sementara sistem dispersi (Saragih *et al.* 2024). Variasi ukuran partikel dan aglomerasi nanopartikel selama proses pembuatan dapat menyebabkan nilai PDI yang tinggi. Oleh karena itu, untuk membuat distribusi ukuran partikel lebih seragam, metode formulasi yang lebih baik, seperti durasi

sonikasi, penggunaan surfaktan, atau konsentrasi bahan penstabil, harus dioptimalkan (Lestari *et al.* 2025a). NDPM II memiliki ukuran partikel lebih seragam dibandingkan dengan formula lainnya, karena konsentrasi ekstraknya pada metode gelas ionik berada pada kondisi ideal, sehingga partikel menjadi lebih seragam di dalam ikatannya. Hal ini juga terjadi karena adanya interaksi elektrostatis antara kitosan dan NaTPP berjalan secara seimbang dan terkontrol, sehingga pada kondisi ini dengan suhu 40°C dan kecepatan pengadukan sebesar 1000 RPM dapat membentuk nanopartikel secara merata tanpa terjadinya agregasi secara berlebihan. Akibatnya nanopartikel terbentuk dengan distribusi ukuran yang lebih rata dan nilai polidispersitas yang lebih rendah (Lestari *et al.* 2025c).

Nilai zeta potensial NDPM I, NDPM II dan NDPM III memiliki sebesar -25,0 mV, -25,6 mV dan -23,7 mV menunjukkan bahwa nanopartikel memiliki muatan negatif yang cukup besar untuk memberikan gaya tolak-menolak antar partikel dan mengarah pada sistem dispersi yang cenderung stabil secara elektrostatis (Tabel 4). Persyaratan zeta potensial menurut parameter berada pada rentangan +30 mV s.d <-30 mV (Lazaridou *et al.* 2020). Nilai ini menunjukkan bahwa nanopartikel memiliki potensi stabilitas yang baik terhadap agregasi selama penyimpanan. Muatan negatif ini berasal dari gugus fenolat atau senyawa polar lainnya dalam nanoekstrak daun pucuk merah yang berinteraksi dengan pelarut atau bahan pembentuk nanopartikel. Secara keseluruhan, karakteristik ini menunjukkan bahwa nanoekstrak daun pucuk merah berpotensi stabil, efektif, dan layak digunakan sebagai bahan aktif dalam sediaan topikal atau kosmetik berbasis nanoteknologi (McNeil-Watson *et al.* 2013; Lestari *et al.* 2025c).

3.3 Evaluasi sifat fisik dan stabilitas serum nanoekstrak daun pucuk merah

Evaluasi sifat fisik dan stabilitas SNDPM dilakukan melalui serangkaian pengujian meliputi uji organoleptis, homogenitas, derajat sedimentasi, pH, daya sebar, daya lekat, dan viskositas sebelum dan setelah penyimpanan selama satu bulan (Tabel 5 dan Tabel 6). Uji organoleptis dilakukan untuk menilai warna, bau, bentuk, konsistensi dan endapan sediaan agar tetap konsisten selama penyimpanan (Khartik *et al.* 2023).

Tabel 5. Hasil uji organoleptis serum nanoekstrak daun pucuk merah sebelum penyimpanan selama satu bulan. Keterangan: Sifat fisik yang paling baik (*).

Karakteristik	SNDPM I*	SNDPM II*	SNDPM III
Warna	Bening/tidak berwarna	Berwarna kuning pucat dengan penampakan jernih	Berwarna kuning pekat dengan kejernihan yang baik (tidak keruh)
Bau	Aroma khas rosae	Aroma khas rosae	Aroma khas rosae
Bentuk	Gel /semi solid	Gel /semi solid	Gel /semi solid
Konsistensi	Setengah kental dan mudah mengalir	Setengah kental dan mudah mengalir	Setengah kental dan mudah mengalir
Homogenitas	Homogen	Homogen	Homogen
Endapan	Tidak mengendap	Tidak mengendap	Tidak mengendap

Uji homogenitas memastikan bahwa komponen dalam serum tercampur merata tanpa adanya gumpalan atau pemisahan fase. Derajat sedimentasi diuji untuk menilai kestabilan

dispersi partikel selama penyimpanan. Uji pH dilakukan guna memastikan nilai pH sediaan sesuai dengan pH fisiologis kulit sehingga aman dan tidak menimbulkan iritasi (Xu *et al.* 2024). Sementara itu, uji daya sebar dan daya lekat bertujuan untuk menilai kemampuan sediaan dalam menyebar di permukaan kulit dan melekat dengan baik agar bahan aktif dapat terserap optimal. Terakhir, uji viskositas dilakukan untuk mengetahui kekentalan sediaan yang memengaruhi kenyamanan penggunaan serta kestabilan fisik serum selama penyimpanan (Chen *et al.* 2020).

Tabel 6. Hasil uji organoleptis serum nanoekstrak daun pucuk merah setelah penyimpanan selama 1 bulan. Keterangan: Sifat fisik yang paling baik (*).

Karakteristik	SNDPM I*	SNDPM II*	SNDPM III
Warna	Bening/tidak berwarna	Berwarna kuning muda dengan kejernihan baik (tidak keruh)	Keruh
Bau	Aroma khas rosae	Aroma khas rosae	Aroma khas rosae
Bentuk	Gel /semi solid	Gel /semi solid	Gel /semi solid
Konsistensi	Setengah kental dan mudah mengalir	Setengah kental dan mudah mengalir	Setengah kental dan mudah mengalir
Homogenitas	Homogen	Homogen	Tidak Homogen
Endapan	Tidak mengendap	Tidak mengendap	mengendap

Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama penyimpanan 1 bulan, SNDPM I dan SNDPM II merupakan formula yang stabil karena memiliki organoleptis yang sama sebelum dan setelah penyimpanan 1 bulan serta tidak menunjukkan adanya pengendapan, berbeda dengan SNDPM III yang mengalami pengendapan selama penyimpanan 1 bulan (Tabel 5 dan Tabel 6). Dalam penelitian ini, SNDPM II dipilih sebagai formula terbaik karena memiliki karakteristik nanoekstrak daun pucuk merah, sifat fisik, dan stabilitas serum yang paling baik dibandingkan formula lainnya selama penyimpanan 1 bulan pada suhu kamar (Gambar 2).



Gambar 2. Hasil uji organoleptis Serum Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM). Keterangan: Serum NDPM Formula I (A), Serum NDPM formula II (B), Serum NDPM formula III (C).

3.3.1. Uji derajat sedimentasi

Stabilitas struktur nanopartikel dapat dilihat selama penyimpanan jika partikel tersebar secara merata dan tidak mengalami aglomerasi sesama partikel. Hal ini dapat diamati dengan

pengamatan endapan pada dasar wadah yang terlalu banyak/sedikit atau tidak mengalami pengendapan selama penyimpanan (Ramos *et al.* 2011).

Tabel 7. Hasil derajat sedimentasi serum nanoekstrak daun pucuk merah. Keterangan: Formula serum terbaik (*).

Formula	Derajat Sedimentasi pada Hari ke-								
	0	1	3	5	7	9	14	21	28
SNDPM I	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0
SNDPM II*	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0
SNDPM III	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	1±0,0	0,08±0,0	0,12±0,0

Nilai derajat sedimentasi yang tinggi > 1 dan < 1 dapat mengurangi kualitas sediaan, mempengaruhi konsistensi, homogenitas, dan efektivitas penyerapan bahan aktif pada kulit. Stabilitas sedimentasi yang baik menunjukkan bahwa formulasi memiliki ukuran partikel yang tepat, viskositas, dan interaksi antarpartikel yang stabil, sehingga SNDPM dapat mempertahankan performa, keamanan, dan kenyamanan penggunaan sepanjang umur simpannya (Ramos *et al.* 2011; Lestari *et al.* 2023d).

Analisis statistik menggunakan ANOVA dua arah menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari faktor formulasi (SNDPM I, II, dan III), waktu penyimpanan, serta interaksi keduanya terhadap derajat sedimentasi ($p < 0,05$). Hasil uji lanjut memperlihatkan bahwa SNDPM I dan SNDPM II tidak berbeda signifikan selama penyimpanan 1 bulan ($F = 1$), yang menunjukkan sistem tetap stabil tanpa pengendapan, sedangkan SNDPM III menunjukkan perbedaan signifikan pada hari ke-21 dan ke-28 ($F < 1$) yang mengindikasikan terjadinya ketidakstabilan (Tabel 7). Dengan demikian, secara statistik SNDPM II dipilih sebagai formula terbaik karena menunjukkan stabilitas fisik yang konsisten, didukung oleh karakteristik organoleptis yang baik serta aktivitas antioksidan yang sangat kuat.

3.3.2. Uji pH

Nilai pH yang sesuai dengan persyaratan sangat penting untuk menjamin keamanan, stabilitas, dan efektivitas suatu sediaan, khususnya sediaan topikal seperti serum. pH yang berada dalam rentang fisiologis kulit dapat membantu mempertahankan fungsi pelindung kulit, mencegah iritasi, serta mendukung keseimbangan mikroflora alami. Selain itu, pH yang sesuai juga berperan dalam menjaga kestabilan bahan aktif sehingga tidak mudah terdegradasi selama penyimpanan. Pemenuhan persyaratan pH tidak hanya meningkatkan kenyamanan penggunaan, tetapi juga memastikan kualitas dan kinerja sediaan tetap optimal.

Tabel 8. Hasil pengujian pH serum nanoekstrak daun pucuk merah. Keterangan: Formula serum terbaik (*).

Formula	pH pada Hari Ke-								
	0	1	3	5	7	9	14	21	28
SNDPM I	5±0,0	5±0,0	5±0,0	5±0,0	5±0,0	5±0,0	5±0,0	4±0,0	4±0,0
SNDPM II*	6±0,0	6±0,0	6±0,0	6±0,0	6±0,0	6±0,0	6±0,0	5±0,0	5±0,0
SNDPM III	5±0,0	5±0,0	5±0,0	5±0,0	5±0,0	5±0,0	5±0,0	4±0,0	4±0,0

Analisis statistik pada parameter pH dilakukan menggunakan ANOVA dua arah untuk mengevaluasi pengaruh variasi formula dan waktu penyimpanan terhadap perubahan pH sediaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh formula SNDPM memiliki pH awal dalam rentang asam (5–6) yang masih sesuai dengan standar pH serum (5–7). Secara statistik, tidak terdapat perubahan yang signifikan pada SNDPM II selama penyimpanan 1 bulan ($p > 0,05$), yang menandakan stabilitas pH yang baik, sedangkan formula lain menunjukkan kecenderungan perubahan pH meskipun masih dalam batas yang dapat diterima (Tabel 8). Formula SNDPM II dinyatakan sebagai formula paling stabil karena mampu mempertahankan pH dalam rentang optimal, serta didukung oleh karakteristik nanopartikel dan sifat fisik yang paling baik dibandingkan formula lainnya.

Nilai pH yang terlalu asam atau terlalu basa dapat menyebabkan bahan aktif rusak, perubahan viskositas, dan ketidakstabilan ukuran partikel, yang membuatnya tidak nyaman untuk digunakan. Oleh karena itu, pengujian pH adalah indikator penting untuk memastikan bahwa sediaan serum aman, berkualitas, dan berpotensi baik sepanjang umur penyimpanannya (Lestari *et al.* 2020; Xu *et al.* 2024).

3.3.3. Uji viskositas

Analisis statistik pada parameter viskositas dilakukan menggunakan ANOVA satu arah untuk mengevaluasi perbedaan viskositas antar formula SNDPM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa viskositas sediaan dibandingkan dengan standar serum menurut SNI 16-4399-1996 (500–2.000 cPs). Secara statistik, terdapat perbedaan yang signifikan antar formula ($p < 0,05$), di mana SNDPM II memiliki viskositas awal sebesar 2235 cPs yang mendekati rentang standar, kemudian mengalami penurunan menjadi 1242 cPs setelah penyimpanan. Penurunan ini mengindikasikan adanya perubahan stabilitas fisik dan struktur matriks sediaan yang menyebabkan konsistensi menjadi lebih encer, namun masih berada dalam rentang viskositas yang dapat diterima. Dengan demikian, SNDPM II tetap menunjukkan karakteristik viskositas yang optimal dibandingkan formula lainnya (Lestari *et al.* 2020).

Tabel 9. Hasil pengujian viskositas serum nanoekstrak daun pucuk merah. Keterangan: Formula serum terbaik (*).

Formula	Nilai Viskositas	
	Sebelum penyimpanan (cPs)	Setelah penyimpanan (cPs)
SNDPM I	1958±0,003	1149± 0,001
SNDPM II*	2235± 0,005*	1242± 0,002
SNDPM III	2083± 0,002	1177± 0,001

Penurunan nilai viskositas ini disebabkan oleh variabel seperti kerusakan polimer atau bahan pengental, perubahan interaksi antarmolekul, dan penurunan stabilitas sistem nanopartikel. Selain itu, pengaruh faktor dari luar, seperti perubahan suhu penyimpanan, oksidasi, atau masuknya air melalui permeasi wadah, dapat mengencerkan sediaan dan membuatnya tidak konsisten. Perubahan nilai viskositas yang terjadi dapat menyebabkan sistem dispersi menjadi kurang padat dan ikatan antar komponen melemah. Akibatnya, viskositas

turun dan serum terlihat lebih cair daripada pada kondisi awalnya. Viskositas mempengaruhi kenyamanan penggunaan, laju pelepasan bahan aktif, dan kecenderungan terjadi pengendapan atau pemisahan fase selama penyimpanan. Berdasarkan parameter viskositas serum berada pada rentang 500-2.000 cPs. Jika viskositas terlalu tinggi, sediaan dapat menjadi terlalu cair dan tidak stabil; sebaliknya, jika viskositas terlalu rendah, sediaan dapat menjadi terlalu cair dan tidak stabil. Oleh karena itu, pengujian viskositas berfungsi sebagai acuan untuk menjamin kualitas, stabilitas, dan kinerja optimal serum sebagai produk perawatan kulit (Chen *et al.* 2020).

3.3.4. Uji daya lekat

Daya lekat yang baik juga memastikan efektivitas penyerapan serta meningkatkan stabilitas dan kenyamanan penggunaan sediaan. Parameter daya lekat sangat penting karena mempengaruhi efisiensi penghantaran zat aktif, kestabilan aplikasi, dan kemudahan penggunaan (Thomas *et al.* 2025).

Tabel 10. Hasil pengujian daya lekat serum nanoekstrak daun pucuk merah. Keterangan: Formula serum terbaik (*).

Formula	Daya Lekat (detik) pada Hari ke-								
	0	1	3	5	7	9	14	21	28
SNDPM I	24,04±	18,52±	16,13±	13,58±	8,32±	6,12±	2,51±	1,46±	0,90±
	0,01	0,02	0,03	0,02	0,06	0,01	0,04	0,02	0,03
SNDPM II*	31,28±	25,46±	17,85±	14,31±	11,87±	7,04±	6,51±	3,16±	1,07±
	0,05	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,01
SNDPM III	19,85±	14,21±	8,95±	8,86±	5,64±	3,25±	3,03±	2,57±	1,87±
	0,06	0,02	0,02	0,06	0,02	0,03	0,03	0,01	0,05

Analisis statistik pada parameter daya lekat dilakukan menggunakan ANOVA dua arah untuk mengevaluasi pengaruh faktor formula, waktu penyimpanan, serta interaksi keduanya terhadap nilai daya lekat. Hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$), di mana SNDPM II dan SNDPM III memiliki nilai daya lekat >1 detik selama penyimpanan 1 bulan, yang menandakan kemampuan adhesi yang baik pada sediaan semi padat, tetapi terjadi penurunan daya lekat pada hari ke-28, walaupun nilainya masih berada di atas batas minimum (>1 detik) (Tabel 10). Hal ini menunjukkan bahwa kedua formula relatif stabil dalam mempertahankan daya lekat selama periode penyimpanan, walaupun terjadi penurunan kemampuan adhesi seiring waktu.

Daya lekat >1 detik menunjukkan sediaan menempel dengan baik sehingga meningkatkan efektivitas. Sebaliknya, daya lekat <1 detik menunjukkan adhesi rendah sehingga sediaan mudah lepas dan kurang efektif (Thomas *et al.* 2025). Berdasarkan hal ini di atas maka dipilih SNDPM II dikarenakan memiliki sifat organoleptis, karakteristik sifat fisik yang paling baik dibandingkan formula lainnya serta memiliki waktu daya lekat lebih lama dibandingkan formula lain (31,28 detik) (Tabel 10).

Hasil pengujian daya lekat SNDPM FI pada hari ke-28 membutuhkan waktu daya lekat 0,90 detik yang dikategorikan tidak memiliki kriteria daya lekat yang baik. Penurunan nilai daya lekat selama penyimpanan dapat disebabkan oleh perubahan stabilitas fisik sediaan, seperti penurunan viskositas dan melemahnya struktur matriks. Selain itu, interaksi antar bahan,

penguapan pelarut, serta perubahan suhu dan kelembaban juga dapat mengurangi kemampuan adhesi sediaan terhadap permukaan kulit (Thomas *et al.* 2025).

Sifat fisik SNDPM II merupakan kriteria ideal untuk sediaan semi padat. Rentang daya lekatnya menunjukkan bahwa SNDPM dapat menempel dengan baik pada permukaan kulit, memberikan waktu yang cukup untuk bahan aktif keluar dari kulit, dan memastikan bahwa penggunaan tetap efektif. Nilai daya lekat yang stabil dan di atas standar minimal ini menunjukkan konsistensi formulasi dan kestabilan sistem nano selama pengujian. Daya lekat yang baik memastikan serum tidak mudah terhapus, memberikan waktu yang cukup bagi nanopartikel untuk berdifusi dan berinteraksi dengan kulit, dan mendukung formulasi secara keseluruhan sebagai produk perawatan yang stabil dan efektif (Thomas *et al.*, 2025).

3.3.5. Uji daya sebar

Parameter daya sebar mempengaruhi distribusi bahan aktif, luas area kontak dengan kulit, dan kecepatan penyerapan bahan aktif oleh jaringan kulit. Daya sebar yang baik menunjukkan bahwa formulasi memiliki viskositas dan konsistensi yang tepat, yang memungkinkan serum memberikan efek yang sama tanpa meninggalkan rasa yang berat atau lengket. Oleh karena itu, pengujian ini menjadi indikator penting untuk memastikan bahwa sediaan serum memiliki kualitas, kenyamanan, dan kinerja terbaik saat digunakan.

Tabel 11. Hasil pengujian daya sebar serum nanoekstrak daun pucuk merah. Keterangan: Formula serum terbaik (*).

Formula	Daya Sebar (cm) pada Hari Ke-								
	0	1	3	5	7	9	14	21	28
SNDPM I	2,5±0,0	3±0,0	3±0,0	3,5±0,0	3,5±0,0	4±0,0	4±0,0	4,5±0,0	5,5±0,0
SNDPM II*	3±0,0	3±0,0	3±0,0	3±0,0	3,5±0,0	3,5±0,0	4±0,0	4±0,0	4,5±0,0
SNDPM III	2,8±0,0	3±0,0	3,5±0,0	4±0,0	4,5±0,0	5±0,0	5,5±0,0	5,5±0,0	6,5±0,0

Analisis statistik pada parameter daya sebar dilakukan menggunakan ANOVA dua arah untuk mengevaluasi pengaruh variasi formula, waktu penyimpanan, serta interaksi keduanya terhadap nilai daya sebar. Hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$), di mana SNDPM II secara konsisten berada dalam rentang standar daya sebar sediaan semi padat (3–5 cm) dan tetap stabil selama penyimpanan 1 bulan. Sebaliknya, formula lain menunjukkan variasi daya sebar yang lebih luas (2,5–6,5 cm) sehingga tidak memenuhi standar. Peningkatan daya sebar pada SNDPM I dan SNDPM III hingga melebihi 5 cm pada hari ke-28 mengindikasikan adanya penurunan viskositas dan perubahan stabilitas fisik selama penyimpanan. Secara statistik formula SNDPM II menunjukkan performa paling optimal dalam mempertahankan daya sebar yang sesuai standar (Tabel 11).

Nilai daya sebar yang terlalu tinggi menunjukkan bahwa sediaan menjadi lebih encer dari kondisi awal, hal ini dapat disebabkan oleh bahan pengental yang rusak, perubahan struktur matriks formulasi, atau pengaruh kondisi penyimpanan seperti suhu dan kelembapan. Perubahan ini menyebabkan serum kehilangan kekentalan idealnya. Akibatnya, serum

menyebar lebih jauh dari standar yang ditetapkan dan tidak lagi memenuhi karakteristik sediaan semipadat yang ideal (Thomas *et al.* 2025).

3.4. Uji aktivitas antioksidan nanoekstrak daun pucuk merah

Tujuan pengujian aktivitas antioksidan pada Nanoekstrak Daun Pucuk Merah (NDPM) adalah untuk mengetahui kemampuan senyawa aktif yang terenkapsulasi dalam sistem nanopartikel untuk menangkal radikal bebas dan mempertahankan stabilitas bioaktifnya. Pengujian ini penting karena proses nanoenkapsulasi dapat meningkatkan efektivitas antioksidan dengan melindungi senyawa aktif dari kerusakan, meningkatkan kelarutan, dan meningkatkan penetrasi ke dalam lapisan kulit (Nasela *et al.*, 2025). Dengan melihat aktivitas antioksidan, dapat dipastikan bahwa formulasi nanopartikel tidak hanya stabil secara fisik, tetapi juga mampu mempertahankan atau bahkan meningkatkan potensi biologis nanoekstrak daun pucuk merah sebagai agen yang melindungi kulit dari stres oksidatif.

Tabel 12. Hasil pengujian antioksidan nanoekstrak daun pucuk merah.

Formula	IC ₅₀ (ppm)
NDPM I	10,67±0,057
NDPM II	4,65±0,024
NDPM III	1,86±0,012

Hasil pengujian menunjukkan formula NDPM II memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat dengan IC₅₀ sebesar 4,65 ppm, Meskipun demikian, seluruh formula termasuk dalam kategori aktivitas antioksidan sangat kuat karena memiliki IC₅₀ < 50 ppm, sedangkan Ekstrak Daun Pucuk Merah memiliki nilai IC₅₀ sebesar 6,16 ppm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa formulasi dalam bentuk nanopartikel mampu meningkatkan aktivitas antioksidan ekstrak daun pucuk merah (Lestari *et al.* 2024; Lestari *et al.* 2025d) (Tabel 12). Peningkatan aktivitas antioksidan ini disebabkan proses nanoenkapsulasi yang menghasilkan ukuran partikel lebih kecil sehingga luas permukaan meningkat dan interaksi senyawa aktif dengan radikal bebas menjadi lebih optimal (Lestari *et al.* 2023c; Latifah *et al.* 2023). Selain itu, sistem nanopartikel juga mampu melindungi senyawa antioksidan dari kerusakan oleh cahaya, oksigen, dan suhu, sehingga stabilitas serta potensi bioaktifnya tetap terjaga (Lestari *et al.* 2023e).

Penelitian ini menunjukkan bahwa ukuran partikel yang lebih kecil umumnya dapat meningkatkan luas permukaan dan potensi aktivitas antioksidan, meskipun hubungan tersebut tidak selalu berbanding lurus. Pada formula NDPM II dengan ukuran partikel yang sangat kecil, degradasi senyawa aktif dapat terjadi lebih cepas akibat paparan oksigen, cahaya, atau interaksi dengan komponen lain, sehingga aktivitas antioksidannya menurun. Selain itu, perbedaan aktivitas antioksidan juga dapat dipengaruhi oleh komposisi formula dan efisiensi enkapsulasi. NDPM III memiliki kandungan zat aktif dan stabilitas senyawa aktif yang lebih baik, pelepasan zat aktif yang lebih optimal, atau perlindungan matriks yang lebih efektif, sehingga menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi meskipun ukuran partikelnya lebih besar (Adawiyah *et al.* 2019; Puspitasari *et al.* 2024).

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Nanoekstrak Daun Pucuk Merah II (NDPM II) dalam sediaan serum meningkatkan aktivitas antioksidan dan memiliki stabilitas fisik terbaik pada berat ekstrak daun pucuk merah sebesar 0,28 g. Formula NDPM II menghasilkan nilai IC₅₀ sebesar 4,65 ppm yang lebih efektif dibandingkan Ekstrak Daun Pucuk Merah (EDPM) sebesar 6,16 ppm, sehingga Serum Nanoekstrak Daun Pucuk Merah II (SNDPM II) merupakan formula yang paling baik dan potensial untuk aplikasi perawatan kulit berbasis antioksidan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Jambi dan Dekan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Jambi yang telah memberikan dana hibah penelitian FKIK dengan skim penelitian dasar melalui kompetisi hibah riset internal Universitas Jambi yang diadakan oleh LPPM Universitas Jambi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., Amin, S., Naeem, S., Iqbal, M. S., Ahmed, S., & Akhtar, M. S. (2019). Formulation and evaluation of miconazole nitrate shooting gel. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 76(4), 679–686.
- Adawiyah, D. R., Fidrianny, I., & Rizal, M. Y. (2019). Uji aktivitas antioksidan nanoekstrak daun pucuk merah (*Syzygium oleana*) terhadap radikal bebas 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 6(1), 1–5.
- Chen, S., Jia, H., Cui, X., Zhang, Y., Wen, Y., Ding, Y., Xie, Q., Lin, Y., Xiao, F., Lin, X., Wu, H., & Mo, Z. (2022). Characterization of stimuli-responsive and cross-linked nanohydrogels for applications in ophthalmiatrics therapy. *Applied Nanoscience*, 10(9), 3465–3475. <https://doi.org/10.1007/s13204-020-01450-7>
- Karthik, P., Dharshini, U. D., & Anandharamakrishnan, C. (2023). Nanoparticulate delivery system of bioactive components. In *Industrial application of functional foods, ingredients and nutraceuticals* (pp. 173–206). Academic Press.
- Lestari, U., Syamsurizal, S., & Handayani, W. T. (2020). Formulasi dan uji efektivitas daya bersih sabun padat kombinasi arang aktif cangkang sawit dan sodium lauril sulfat. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 5(2), 136–150. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v5i2.39869>
- Lestari, U., Muhaimin, M., Chaerunisaa, A. Y., & Sujarwo, W. (2023a). Anti-aging potential of plants of the Anak Dalam tribe, Jambi, Indonesia. *Pharmaceuticals*, 16(9), 103390. <https://doi.org/10.3390/ph16091300>
- Lestari, U., Muhaimin, M., Chaerunisaa, A. Y., & Sujarwo, W. (2023b). Improved solubility and activity of natural product in nanohydrogel. *Pharmaceuticals*, 16, 1701. <https://doi.org/10.3390/ph16121701>
- Lestari, U., Muhaimin, M., Chaerunisaa, A. Y., & Sujarwo, W. (2023c). Antioxidant activities and phytochemical screening of ethanol extract from surian leaves (*Toona sinensis*). *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 15(Special Issue 2), 37–43. <https://doi.org/10.22159/ijap.2023.v15s2.07>
- Lestari, U., Muhaimin, M., Yuhana, Y., & Yuliawati, Y. (2023d). Physical properties of peel-off gel mask ethanol extract of surian leaves (*Toona sinensis*) as an antioxidant. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 1(1), 90–99.
- Lestari, U., Muhaimin, M., Yuhana, Y., & Yuliawati, Y. (2023e). Formulation and test of antioxidant activity of gel mask peel-off from surian (*Toona sinensis*) leaf ethanol extract

- in vitro. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 1(1), 90–99. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v0i0.46456>
- Lestari, U., Muhaimin, M., Maimum, M., & Yuliana, Y. (2024). Formulation of soothing gel ethanol extract of red shoot leaves (*Syzygium myrtifolium* Walp.) as an antioxidant. *Riset Informasi Kesehatan*, 14(1), 138–146. <https://doi.org/10.30644/rik.v14i1.956>
- Lestari, U., Muhaimin, M., Chaerunisaa, A. Y., & Sujarwo, W. (2025a). Formulation development of natural polymeric nanoparticles, in vitro antiaging evaluation, and metabolite profiling of *Toona sinensis* leaf extracts. *Pharmaceuticals*, 18(3), 288. <https://doi.org/10.3390/ph18030288>
- Lestari, U., Muhaimin, M., Chaerunisaa, A. Y., & Sujarwo, W. (2025b). The impact of formulation and process variables on the formation of chitosan-alginate and chitosan-pectin nanoparticles. *Global NEST Journal*, 27(3), 1–18. <https://doi.org/10.30955/gnj.06838>
- Lestari, U., Muhaimin, M., Chaerunisaa, A. Y., & Sujarwo, W. (2025c). The utilization of *Toona sinensis* leaf extract in the form of polymeric nanoparticles for anti-aging purposes. *Global NEST Journal*, 27(7), 6849. <https://doi.org/10.30955/gnj.06849>
- Lestari, U., Muhaimin, M., Maimum, M., & Yuliana, Y. (2025d). Aktivitas antioksidan dan kandungan fitokimia ekstrak etanol daun pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) yang berwarna hijau dan merah. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 12, 191–199.
- Lazaridou, M., Christodoulou, E., Nerantzaki, M., Kostoglou, M., Lambropoulou, D. A., Katsarou, A., Pantopoulos, K., & Bikiaris, D. N. (2020). Formulation and in vitro characterization of chitosan nanoparticles loaded with the iron chelator deferoxamine mesylate (DFO). *Pharmaceutics*, 12(3), 12030238. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12030238>
- Latifah, F., Taufiq, H., & Fitriyana, N. M. (2023). Uji antioksidan dan karakterisasi minyak atsiri dari kulit jeruk purut (*Citrus hystrix* D.C.). *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 5(2), 46–62. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v8i1.67396>
- McNeil-Watson, F. (2013). Electrophoretic light scattering. In *Encyclopedia of Biophysics* (pp. 648–654). Springer Berlin Heidelberg.
- Nasela, T., Lestari, U., & Asra, R. (2025). Clinical evaluation of dragon's blood sunscreen (*Daemonorops draco* (Willd.) Blume) as an antioxidant and ultraviolet (UV) protector. *Riset Informasi Kesehatan*, 14(2), 269–275. <https://doi.org/10.30644/rik.v14i2.1021>
- Patel, D., Patel, P., & Sheth, N. (2018). Design and development of shooting gel of diclofenac sodium for the treatment of arthritis. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8(3), 66–71.
- Puspitasari, E., Nuri, N., Muslichah, S., Triatmoko, B., & Dianasari, D. (2024). The relationship of in vitro anti-inflammatory and antioxidant activity with total phenolic and flavonoids content of *Tithonia diversifolia* leaves ethanolic extract and fractions. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 9(2), 242–255. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v9i2.83109>
- Rinaldi, R., Fauziah, F., Adriani, A., Silviana, E., & Ritazahara, R. (2020). Studi formulasi gel ekstrak etanol daun nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lam. L) dengan basis Na-CMC dan karbopol. *Jurnal Dunia Farmasi*, 4(3), 99–107.
- Ridzuan, P. M., Noraziah, Z. M., Sukri, A., & Fadzil, N. S. (2024). Antibacterial activity of DR. Ridz anti acne serum against skin bacteria that cause acne vulgaris. *Jurnal Teknologi*, 86(2), 61–68. <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v86.20885>
- Ramos, J., Imaz, A., & Forcada, J. (2011). Temperature-sensitive nanogels: Poly(N-vinylcaprolactam) versus poly(N-isopropylacrylamide). *Polymer Chemistry*, 3, 852. <https://doi.org/10.1039/C2PY00485B>

- Sahu, A. N. (2013). Nanotechnology in herbal medicines and cosmetics. *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*, 472–474. <https://doi.org/10.7897/2277-4343.04334>
- Saragih, H. (2024). Sintesa nanopartikel senyawa bioaktif daun pegagan (*Centella asiatica*) dan uji pengaruh pemanasan dan tekanan terhadap diameter dan indeks polidispersitasnya. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 9(1), 76-91. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v9i1.74982>
- Sindhu, R. K., Gupta, R., Wadhwa, G., & Kumar, P. (2022). Modern herbal nanogels: Formulation, delivery methods, and applications. *Gels*, 8(2), 1–23. <https://doi.org/10.3390/gels8020097>
- Shabrina, A., Pangestu, D. M., Amaliyah, S., Prihantini, M., Heroweti, J., & Prastiwi, L. D. (2025). Physical and SPF value stability studies avocado oil nano-emulgel with Carbopol 980 as a gel base. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 10(1). <https://doi.org/10.20961/jpscr.v10i1.100041>
- Setiawan, D., & Suhendra, A. (2017). Uji aktivitas antioksidan nanoekstrak daun pucuk merah (*Syzygium oleana*) dengan metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 28(1), 35–41.
- Taslim, T., & Pratama, R. H. (2020). Analisis daya antioksidan senyawa metabolit sekunder nanoekstrak etanol daun surian (*Toona sinensis* (Juss.) M. Roem). *Jurnal Akademi Farmasi Prayoga*, 5(2), 19–28.
- Thomas, N., Paneo, M. A., Mo'o, Faradila, R. C., Puluhalawa, Lisa, E., Latif, & Multiani, S. (2025). Formulation of natural hydrogel from bromelain enzym and alginat-chitosan and the effectiveness test by in vivo in healing burns. *Journal of Medicinal and Pharmaceutical Chemistry Research*, 7(5), 944–959. <https://doi.org/10.48309/jmpcr.2025.472155.1374>
- Vaiserman, A., Alexander, K., Alexander, Z., & Alina, L. (2020). Nanodelivery of natural antioxidants: An anti-aging perspective. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, 447. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00447>
- Xu, S., Zhang, H., Qian, Z., & Yuan, W. (2024). pH-responsive injectable self-healing hydrogels loading Au nanoparticles-decorated bimetallic organic frameworks for synergistic sonodynamic-chemodynamic-starvation-chemo therapy of cancer. *Journal of Colloid and Interface Science*, 675, 746–760. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2024.07.039>