

Artikel Penelitian

Formulasi, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Inhibisi Tirosinase Sediaan Nanoserum Kombinasi Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia sinensis* L.)-Astaxanthin

Formulation, Characterization and Tyrosinase Inhibitory Activity Test of Nanoserum Preparation Combination of Green Tea Leaf Extract (*Camellia sinensis* L.)-Astaxanthin

Siti Salamiah Putri Heldin¹, Arif Budi Setianto^{2*}, Nuri Ari Efiana³, Warsi Warsi⁴

Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia

*Email korespondensi: arif.setianto@pharm.uad.ac.id

Abstrak

Hiperpigmentasi terjadi akibat peningkatan aktivitas enzim tirosinase dalam proses pembentukan melanin. Ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* L.) yang kaya katekin berpotensi sebagai inhibitor tirosinase alami, sedangkan astaxanthin merupakan karotenoid yang dapat meningkatkan efektivitas formulasi. Penelitian ini bertujuan untuk memformulasikan dan mengkarakterisasi nanoserum kombinasi ekstrak daun teh hijau dan astaxanthin serta mengevaluasi aktivitas inhibisi tirosinasenya. Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang diawali dengan ekstraksi daun teh hijau menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 70%. Ekstrak kemudian dievaluasi melalui uji organoleptik, kromatografi lapis tipis (KLT), rendemen, dan skrining fitokimia. Nanoserum diformulasikan menggunakan metode emulsifikasi dengan kombinasi surfaktan Tween 80 dan Span 80 melalui pendekatan phase inversion temperature (PIT) dalam tiga formula (F1, F2, dan F3). Karakterisasi sediaan meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas (PDI), zeta potensial, pH, serta uji stabilitas freeze-thaw. Aktivitas inhibisi tirosinase diuji menggunakan metode L-DOPA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula F1 (konsentrasi ekstrak 2,5%) merupakan formula optimal dengan ukuran partikel 37,05 nm, PDI 0,153, zeta potensial $-30,93$ mV, dan pH sekitar 5. Uji freeze-thaw menunjukkan sediaan stabil tanpa perubahan organoleptik maupun pemisahan fase. Formula F1 menunjukkan aktivitas inhibisi tirosinase lebih baik dengan nilai IC_{50} sebesar $24,461 \pm 1,796$ $\mu\text{g/mL}$ dibandingkan ekstrak sebesar $35,109 \pm 1,283$ $\mu\text{g/mL}$. Dapat disimpulkan bahwa nanoserum yang dihasilkan stabil secara fisik dan berpotensi dikembangkan sebagai sediaan kosmetik pencerah kulit berbasis bahan alam.

Kata Kunci : Nanoserum, Daun Teh Hijau, Astaxanthin, Tirosinase, Hiperpigmentasi

Diterima: 5 Maret 2026
Disetujui: 22 Mei 2026
Publikasi : 29 Mei 2026

Sitasi : S. S. P. Heldin, A. B. Setianto, N. A. Efiana, and W. Warsi, "Formulasi, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Inhibisi Tirosinase Sediaan Nanoserum Kombinasi Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia sinensis* L.)-Astaxanthin", *J. Sains. Kes.*, vol. 7, no. 2, pp. 132-142, Mei. 2026, doi: 10.30872/jsk.v7i2.1044

Copyright : © 2026, Jurnal Sains dan Kesehatan (J. Sains.Kes.). Published by Faculty of Pharmacy, University of Mulawarman, Samarinda, Indonesia. This is an Open Access article under the CC-BY-NC License



Abstract

*Hyperpigmentation occurs due to increased tyrosinase enzyme activity in melanin formation. Green tea leaf extract (*Camellia sinensis* L.), rich in catechins, has potential as a tyrosinase inhibitor and antioxidant, while astaxanthin is a carotenoid with strong antioxidant activity that may provide synergistic effects. This study aimed to formulate and characterize a nanosystem serum combining green tea extract and astaxanthin and to evaluate its tyrosinase inhibitory and antioxidant activities. The nanosystem was prepared using an emulsification method with Tween 80 and Span 80 in three formulations (F1, F2, F3), followed by optimization based on particle size, polydispersity index (PDI), zeta potential, pH, freeze–thaw stability, and evaluation of tyrosinase inhibition (L-DOPA method) and antioxidant activity (ABTS method). The results showed that F1 (2.5% extract) was the optimal formulation, with a particle size of 37.05 nm, PDI 0.153, zeta potential -30.93 mV, and pH approximately 5. The freeze–thaw test indicated good stability without organoleptic changes or phase separation. F1 demonstrated stronger tyrosinase inhibition (IC_{50} 24.461 ± 1.796 μ g/mL) than the extract alone (35.109 ± 1.283 μ g/mL) and higher antioxidant activity (IC_{50} 10.999 ± 1.668 μ g/mL) compared to the extract (44.337 ± 1.759 μ g/mL). In conclusion, the nanosystem serum is physically stable and enhances biological activity, showing potential as a natural skin-brightening cosmetic formulation.*

Keywords : *Nanoserum, Green Tea Leaf, Astaxanthin, Tyrosinase, Hyperpigmentation*

1 Pendahuluan

Kulit merupakan organ terluar tubuh yang berfungsi sebagai pelindung utama, sehingga upaya menjaga kesehatan kulit dan mengatasi gangguannya menjadi hal yang esensial. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah hiperpigmentasi, yaitu kondisi penggelapan warna kulit akibat peningkatan produksi melanin pada lapisan basal epidermis [1]. Kondisi ini umumnya dipicu oleh paparan radiasi ultraviolet (UV) berlebihan, terutama sinar UVA (320–400 nm) dan UVB (280–320 nm) yang mampu menembus hingga lapisan basal epidermis [2]. Hiperpigmentasi, termasuk melasma, banyak ditemukan pada wanita Asia dengan prevalensi di Asia Tenggara yang dapat mencapai 40% pada wanita usia subur, sehingga berdampak pada kualitas hidup dan kepercayaan diri penderitanya [3].

Secara biologis, hiperpigmentasi terjadi akibat peningkatan proses melanogenesis yang dikatalisis oleh enzim tirosinase. Tirosinase merupakan enzim yang mengandung ion tembaga dan berperan pada tahap awal sintesis melanin dengan mengubah tirosin menjadi levodopa (L-Dopa), yang selanjutnya dioksidasi menjadi dopakuinon [4]. Senyawa dopakuinon kemudian mengalami polimerisasi membentuk eumelanin atau bereaksi dengan sistein menghasilkan feomelanin. Proses pembentukan melanin berlangsung di dalam melanosit pada lapisan basal epidermis, sehingga penghambatan aktivitas tirosinase menjadi strategi utama dalam pengendalian produksi melanin serta pengembangan agen pencerah kulit [5].

Seiring meningkatnya perhatian terhadap keamanan bahan aktif kosmetik, bahan alam menjadi alternatif yang lebih aman namun tetap efektif sebagai inhibitor tirosinase. Salah satu bahan alami yang potensial adalah daun teh hijau (*Camellia sinensis* L.) yang telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional di Asia. Teh hijau mengandung senyawa bioaktif seperti katekin, flavonoid, dan tanin, serta kaya polifenol dengan kandungan katekin yang dapat mencapai 67% [6]. Senyawa dominan dalam daun teh hijau, yaitu epigallocatechin gallate (EGCG), dilaporkan mampu menghambat aktivitas tirosinase melalui interaksinya dengan ion tembaga (Cu^{2+}) pada pusat aktif enzim, sehingga berpotensi menekan pembentukan melanin [7].

Pendekatan lain yang menjanjikan dalam pengendalian hiperpigmentasi adalah penggunaan bahan bioaktif pendukung yang mampu memberikan efek sinergis. Astaxanthin merupakan karotenoid alami yang dilaporkan memiliki aktivitas penghambatan tirosinase secara tidak langsung melalui modulasi

jalur melanogenesis. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa astaxanthin mampu mempengaruhi regulasi pembentukan melanin dan berpotensi memberikan efek sinergis ketika dikombinasikan dengan senyawa fenolik, sehingga penggunaannya sebagai bahan pendukung inhibitor tirosinase menjadi menarik untuk dikaji lebih lanjut [8].

Pengembangan sistem penghantaran berbasis nano menjadi strategi penting dalam kosmetik modern, dalam peningkatan stabilitas dan efektivitas penghantaran bahan aktif ke dalam kulit. Nanoserum dengan ukuran partikel 10–200 nm mampu membentuk dispersi yang lebih seragam, meningkatkan penetrasi kulit, serta menurunkan risiko agregasi dan pemisahan fase, sehingga lebih stabil dibandingkan sediaan serum konvensional [9]. Penelitian sebelumnya dilaporkan bahwa formulasi nanoemulsi yang mengandung astaxanthin menunjukkan stabilitas fisik yang baik, namun kajian mengenai aktivitas inhibisi tirosinase dari sediaan berbasis nano dengan kombinasi bahan aktif tersebut masih terbatas [10].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan dengan memformulasikan kombinasi ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* L.) dan astaxanthin dalam bentuk nanoserum untuk menghasilkan efek sinergis sebagai inhibitor tirosinase. Penelitian ini bertujuan untuk memformulasikan sediaan nanoserum kombinasi ekstrak daun teh hijau dan astaxanthin. Selain itu juga evaluasi karakteristik fisik sediaan meliputi organoleptik, pH, viskositas, dan daya lekat, karakteristik nano meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas (PDI), dan zeta potensial, stabilitas fisik melalui uji freeze–thaw, serta aktivitas biologis sediaan meliputi aktivitas inhibisi tirosinase sebagai upaya pengembangan produk kosmetik pencerah kulit berbasis bahan alam.

2 Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Data yang didapatkan dikelompokkan berdasarkan tabel karakteristik pasien dan tabel pengobatan pasien. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bahan grade farmasetis yang meliputi etanol 70% p.a. (KimiaARD, Yogyakarta), astaxanthin (Kimia Jaya Abadi, Semarang), niacinamide (Kimia Jaya Abadi, Semarang), vitamin E (Kimia Jaya Abadi, Semarang), jojoba oil (Kimia Jaya Abadi, Semarang), Tween 80 (BY Kimia & Herbal, Yogyakarta), Span 80 (Beli Kimia Jogja, Yogyakarta), sodium dodecyl sulfate (SDS), propilen glikol (BY Kimia & Herbal, Yogyakarta), viscolam (Beli Kimia Jogja, Yogyakarta), gliserin (Master Sun Chemical, Jakarta), triethanolamine (Master Sun Chemical, Jakarta), DMDM hydantoin (Kimia Jaya Abadi, Semarang), aquadest (Surya Artathama, Yogyakarta), dan metanol p.a. (Kimia ARD, Yogyakarta). Sampel daun teh hijau (*Camellia sinensis* L.) diperoleh dari Kebun Teh Nglinggo, Pagerharjo, Yogyakarta, kemudian diproses menjadi simplisia sebelum dilakukan ekstraksi.

Alat yang digunakan meliputi magnetic stirrer, oven (Binder), particle size analyzer dan zeta potential analyzer (Malvern), pH meter (Ohaus), spektrofotometer UV–Vis/microplate reader (ELISA reader), water bath (Mettler), viskometer (Rheosys), mikropipet, kuvet transparan, vortex, ice bath, serta alat-alat gelas laboratorium.

2.2 Pengambilan Sampel dan Pembuatan Ekstrak

Daun teh hijau (*Camellia sinensis* L.) diambil dari Kebun Teh Nglinggo, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, kemudian diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 70% selama 3×24 jam dengan pengadukan berkala, filtrat disaring dan dipekatkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40–50°C hingga diperoleh ekstrak kental [11].

2.3 Formulasi dan Evaluasi Sediaan Nanoserum

Formulasi nanoserum (Tabel 1) dibuat dalam beberapa variasi kontrol dan formula uji dengan metode nanoemulsi phase inversion temperature (PIT), Fase minyak yang terdiri dari ekstrak daun teh hijau, astaxanthin, jojoba oil, sodium dodecyl sulfate, vitamin E, Span 80, dan Tween 80 dipanaskan hingga suhu 60°C dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit hingga tercampur merata. Secara terpisah, fase air yang terdiri dari niacinamide, propilen glikol, gliserin, DMDM hydantoin, dan aquadest dipanaskan pada suhu 60°C dengan kecepatan 300 rpm selama 15 menit. Selanjutnya, fase air

ditambahkan ke dalam fase minyak secara perlahan dengan cara diteteskan sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga terbentuk sediaan yang homogen dan bening, dilanjutkan pendinginan menggunakan ice bath hingga suhu ruang. Nanoemulsi yang telah terbentuk selanjutnya ditambahkan viscolam sebagai polimer pembentuk gel sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga menghasilkan nanoserum yang merata dan stabil. Sediaan nanoserum yang diperoleh kemudian dievaluasi karakteristiknya melalui pengujian organoleptik, pH, viskositas, ukuran partikel dengan Particle Size Analyzer (PSA), serta parameter evaluasi lainnya [12].

Tabel 1 Formulasi Nanoserum Daun Teh Hijau

Bahan	Fungsi	Formulasi(%)							
		K1	K2	K3	K4	K5	F1	F2	F3
Ekstrak daun teh hijau	Zat aktif	-	-	-	-	-	2,5	5	10
Astaxanthin	Zat aktif	-	-	1	-	1	1	1	1
Niasinamida	pencerah	-	5	-	-	5	5	5	5
Vitamin E	Antioksidan	-	-	-	5	5	5	5	5
Jjoba Oil	Fase minyak	5	5	5	5	5	5	5	5
Tween 80	Surfaktan	10	10	10	10	10	10	10	10
Span 80	Surfaktan	4	4	4	4	4	4	4	4
Sodium deodecyl sulfat	Surfaktan	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Propilen glikol	Kosolvent	10	10	10	10	10	10	10	10
Viscolam	Polimer	1tts	1tts	1tts	1tts	1tts	1tts	1tts	1tts
Gliserin	Humektan	5	5	5	5	5	5	5	5
DMDM Hydantoin	Pengawet	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Aquadest (ad)	Pelarut	100	100	100	100	100	100	100	100

2.4 Evaluasi Sediaan Nanoserum

2.4.1 Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk mengamati karakteristik fisik sediaan nanoserum yang meliputi warna, bau, dan tekstur. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap sediaan yang telah dibuat untuk memastikan tidak terjadi perubahan fisik seperti pemisahan fase maupun perubahan warna selama penyimpanan. Pengujian ini merupakan parameter awal untuk menilai stabilitas fisik sediaan topikal yang dihasilkan [10].

2.4.2 Uji pH

Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan buffer standar. Elektroda pH meter dicelupkan ke dalam sampel nanoserum hingga diperoleh nilai pH yang stabil kemudian dicatat sebagai nilai pH sediaan. Pengujian pH penting dilakukan untuk memastikan bahwa sediaan memiliki pH yang sesuai dengan pH fisiologis kulit sehingga aman digunakan secara topikal [10].

2.4.3 Uji Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan menggunakan viskometer atau rotational rheometer untuk mengetahui tingkat kekentalan sediaan nanoserum. Sampel ditempatkan pada alat pengukuran kemudian dilakukan pengukuran pada suhu terkontrol hingga diperoleh nilai viskositas sediaan. Nilai viskositas berpengaruh terhadap stabilitas sistem nanoemulsi serta kenyamanan penggunaan pada kulit [9].

2.4.4 Uji daya Sebar

Uji daya sebar dilakukan untuk mengetahui kemampuan sediaan nanoserum dalam menempel pada permukaan kulit. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sejumlah sampel di antara dua kaca objek kemudian diberikan beban tertentu. Setelah beban dilepaskan, waktu yang diperlukan hingga kedua kaca terpisah dicatat sebagai nilai daya lekat sediaan [10].

2.4.5 Pengukuran Ukuran partikel dan Indeks Polidispersitas (PDI)

Ukuran partikel dan indeks polidispersitas dianalisis menggunakan Particle Size Analyzer (PSA) dengan metode Dynamic Light Scattering (DLS). Sampel nanoserum diencerkan dengan aquadest kemudian dimasukkan ke dalam kuvet untuk dilakukan pengukuran. Parameter ini digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel serta homogenitas sistem nanoemulsi yang terbentuk [9].

2.4.6 Pengukuran Zeta Potensial

Zeta potensial nanoserum diukur menggunakan Particle Size Analyzer (PSA) dengan metode Electrophoretic Light Scattering (ELS). Sampel diencerkan dengan akuades deionisasi, kemudian dianalisis berdasarkan mobilitas elektroforetik partikel yang dikonversi secara otomatis oleh perangkat lunak menjadi nilai zeta potensial (mV) [9].

2.4.7 Uji Stabilitas Fisik (Freeze-Thaw)

Uji stabilitas fisik dilakukan menggunakan metode freeze–thaw dengan cara menyimpan sediaan pada suhu rendah ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) selama 24 jam kemudian dipindahkan ke suhu tinggi ($\pm 40^{\circ}\text{C}$) selama 24 jam sebagai satu siklus pengujian. Pengujian dilakukan beberapa siklus untuk mengetahui kestabilan sediaan terhadap perubahan suhu ekstrem serta kemungkinan terjadinya pemisahan fase [12].

2.5 Uji Aktivitas Inhibisi Tirosinase

Uji aktivitas inhibisi tirosinase dilakukan secara *in vitro* menggunakan metode enzimatik dengan substrat L-DOPA dan enzim tirosinase. Sampel nanoserum diencerkan dalam beberapa variasi konsentrasi, yaitu 7,8125; 15,625; 31,25; 62,5; dan 125 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Masing-masing larutan sampel sebanyak 10 μL direaksikan dengan 140 μL larutan enzim tirosinase (333 U/mL) dalam dapar fosfat 50 mM pH 6,5, kemudian diinkubasi selama 29 menit pada suhu ruang dalam kondisi microplate tertutup. Setelah proses preinkubasi, ditambahkan 50 μL larutan substrat L-DOPA 2 mM ke dalam campuran reaksi dan diinkubasi kembali pada suhu ruang.

Pembentukan dopakrom diukur menggunakan microplate reader pada panjang gelombang maksimum 479 nm. Asam kojik digunakan sebagai kontrol positif. Persentase inhibisi tirosinase dihitung berdasarkan perbandingan absorbansi sampel terhadap kontrol (Persamaan 1), kemudian nilai IC_{50} ditentukan dari kurva hubungan antara konsentrasi sampel dan persen inhibisi [13].

$$\% \text{Inhibisi} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{kontrol}}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

2.6 Analisis Data

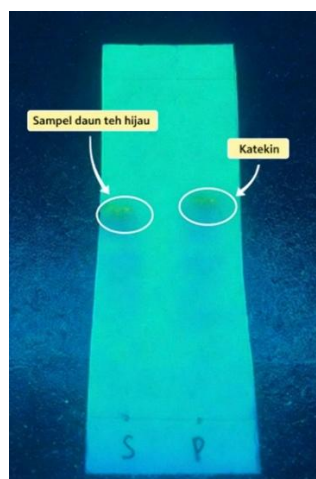
Data hasil pengujian karakteristik fisik dan aktivitas biologis disajikan dalam bentuk rata-rata \pm standar deviasi. Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25. Data diuji normalitas dan homogenitas, kemudian dianalisis menggunakan One-way ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Apabila terdapat perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji Post-hoc Tukey.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis KLT

Uji Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dilakukan untuk identifikasi keberadaan senyawa katekin dalam ekstrak daun teh hijau dengan perbandingan nilai Rf dan karakter noda sampel terhadap standar katekin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa standar katekin memiliki nilai Rf sebesar 0,63, sedangkan ekstrak daun teh hijau memiliki nilai Rf sebesar 0,62 (Gambar 1). Kedekatan nilai Rf tersebut menunjukkan kesamaan tingkat kepolaran dan interaksi senyawa dalam ekstrak dengan fase diam, sehingga mengindikasikan keberadaan katekin atau senyawa dengan struktur kimia yang serupa [15].

Selain kesamaan nilai Rf, noda ekstrak muncul sejajar dengan noda standar dan menunjukkan warna hijau hingga kuning kehijauan, yang merupakan karakteristik khas senyawa flavonoid termasuk katekin. Perbedaan kecil nilai Rf antara standar dan sampel masih dapat ditoleransi dan umumnya disebabkan oleh faktor teknis, seperti variasi ketebalan lapisan silika, komposisi fase gerak, serta keberadaan senyawa lain dalam matriks ekstrak [16]. Dengan demikian, hasil uji KLT menunjukkan bahwa ekstrak daun teh hijau positif mengandung senyawa katekin dan mendukung penggunaan KLT sebagai metode identifikasi awal senyawa marker pada ekstrak tanaman.



Gambar 1. Hasil Uji KLT

3.2 Rendemen Ekstrak

Rendemen ekstrak digunakan sebagai penilaian efisiensi proses ekstraksi berdasarkan perbandingan berat ekstrak terhadap berat bahan awal. Hasil ekstraksi daun teh hijau menggunakan etanol 70% dihasilkan rendemen sebesar 15,83% dari 498 g simplisia kering. Nilai rendemen tersebut menunjukkan bahwa etanol 70% memiliki kemampuan yang baik dalam mengekstraksi senyawa metabolit sekunder daun teh hijau yang bersifat polar hingga semi-polar, termasuk polifenol dan katekin, sehingga proses ekstraksi dapat dikategorikan efisien dan ekstrak yang diperoleh layak digunakan untuk pengujian selanjutnya [17].

Nilai rendemen yang diperoleh pada penelitian ini sebanding dengan hasil penelitian sebelumnya pada tanaman teh hijau (*Camellia sinensis* L.), ekstraksi menggunakan pelarut etanol dilaporkan diperoleh rendemen berkisar antara 10–18% tergantung pada metode dan kondisi ekstraksi yang digunakan [5]. Penelitian lain juga dilaporkan bahwa penggunaan etanol sebagai pelarut mampu menghasilkan rendemen yang relatif optimal karena efektivitasnya dalam melarutkan senyawa polifenol dan katekin yang merupakan komponen utama daun teh hijau [6]. Perbedaan nilai rendemen antar penelitian dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konsentrasi pelarut, ukuran partikel simplisia, rasio bahan terhadap pelarut, serta waktu dan suhu ekstraksi [6]. Dengan demikian, nilai rendemen sebesar 15,83% yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode ekstraksi yang digunakan telah berjalan secara optimal.

3.3 Skrining Fitokimia

Hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak daun teh hijau mengandung berbagai metabolit sekunder, meliputi alkaloid, tanin, flavonoid, terpenoid, dan saponin. Uji alkaloid dengan pereaksi Mayer dan Dragendorff menghasilkan endapan putih keruh dan coklat yang menandakan hasil positif akibat pembentukan kompleks dengan atom nitrogen pada struktur alkaloid, seperti kafein dan teobromin [19]. Uji tanin menunjukkan terbentuknya endapan coklat yang mengindikasikan keberadaan senyawa polifenol, sejalan dengan laporan sebelumnya [19]. Pada uji flavonoid metode Shinoda, terbentuk warna oranye akibat reaksi reduksi gugus karbonil flavonoid, yang mendukung adanya katekin sebagai komponen dominan teh hijau. Uji terpenoid dengan pereaksi Salkowski menghasilkan perubahan warna coklat terang, sedangkan uji saponin menunjukkan pembentukan busa stabil sekitar 1 cm akibat sifat surfaktan alami saponin. Secara keseluruhan, hasil ini mengonfirmasi bahwa ekstrak daun teh hijau mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan inhibisi tirosinase, sehingga mendukung penggunaannya dalam formulasi nanoserum berbasis bahan alam.

3.4 Evaluasi Sediaan

Tabel 2 Karakteristik Fitokimia Nanoserum

Sampel	Konsentrasi (%)	Zeta (mV)	Ukuran partikel (nm)	PDI	Viskositas (cPs)	pH	Daya lekat (detik)
F1	2,5	-30.93± 0.68	37.05±2.69	0.153±0.6	60.59±0.76	5.03±0.36	41.66±1.52
F2	5	-32.09± 0,65	56.12 ± 0.1	0.291±0.07	61.54±0.76	4.6±0.04	48.66±1.52
F3	10	-32.17 ±0,14	72.07±2.16	0.245±0.05	64.25±0.33	4.92±0.33	57.33±1.52
Basis	-	-34.46 ±0.30	54.31±0.58	0.379±0.01	18.25±0.30	6.34±0.02	23 ± 1
Niacinamide	5	-32.73 ±1.07	54.99±0.78	0.384±0.03	29.40±0.48	6.40±0.05	34.66±0.57
Astaxanthin	1	-32.18±0.19	47.57±2.15	0.329±0.09	19.27±0.22	5.36±0.01	40.33±1.52
Vitamin E	5	-25.79 ±0.37	52.74±0.71	0.356±0.018	39.43±0.75	6.42±0.02	60.66±0.57
Tanpa ekstrak	-	-32.66±0.96	53.63±1.25	0.359±0.042	49.68±0.62	5.54±0.268	60.33±0.57

Evaluasi mutu sediaan nanoserum berbasis ekstrak daun teh hijau menunjukkan bahwa seluruh formula uji (F1, F2, dan F3) serta formula kontrol berhasil membentuk sistem nanoemulsi yang stabil dan memenuhi persyaratan dasar sediaan topikal, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel VI. Perbedaan konsentrasi ekstrak pada masing-masing formula memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisikokimia dan sifat nano sediaan.

Secara kuantitatif, peningkatan konsentrasi ekstrak dari 2,5% (F1) menjadi 5% (F2) dan 10% (F3) menunjukkan kecenderungan peningkatan ukuran partikel, yaitu dari 37,05 nm pada F1 menjadi 56,12 nm pada F2 dan 72,07 nm pada F3. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang ditambahkan, semakin besar ukuran droplet nanoemulsi yang terbentuk. Kondisi tersebut kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya jumlah komponen aktif dalam sistem sehingga meningkatkan kepadatan fase terdispersi dan mempengaruhi kemampuan surfaktan dalam menstabilkan droplet secara optimal.

Kecenderungan tersebut juga terlihat pada nilai polydispersity index (PDI). Formula F1 menunjukkan nilai PDI paling rendah yaitu 0,153 dibandingkan F2 sebesar 0,291 dan F3 sebesar 0,245. Nilai PDI yang lebih rendah menunjukkan distribusi ukuran partikel yang lebih sempit dan homogen. Dengan demikian, F1 memiliki sistem dispersi yang paling seragam dibandingkan formula lainnya, sedangkan peningkatan konsentrasi ekstrak pada F2 dan F3 menyebabkan distribusi ukuran partikel menjadi lebih lebar.

Pada parameter zeta potensial, ketiga formula menunjukkan nilai yang relatif serupa dan berada pada kisaran stabil yaitu sekitar -30 mV. Nilai zeta potensial F1 sebesar $-30,93$ mV, F2 sebesar $-32,09$ mV, dan F3 sebesar $-32,17$ mV. Nilai ini menunjukkan bahwa seluruh formula memiliki gaya tolak-menolak elektrostatis yang cukup antar partikel sehingga mampu mencegah terjadinya agregasi. Meskipun demikian, kombinasi ukuran partikel yang lebih kecil dan distribusi yang lebih homogen pada F1 memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap kestabilan sistem secara keseluruhan.

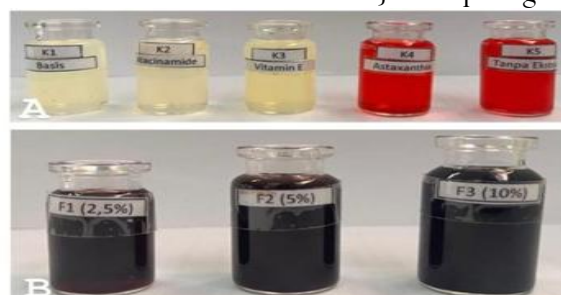
Pengamatan organoleptik menunjukkan bahwa seluruh formula nanoserum memiliki konsistensi cair–gel yang homogen dengan warna khas ekstrak daun teh hijau serta aroma herbal ringan. Tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada parameter organoleptik antara F1, F2, dan F3, serta tidak ditemukan tanda-tanda ketidakstabilan fisik seperti pemisahan fase, perubahan warna, maupun perubahan bau selama penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem nanoemulsi yang terbentuk mampu mempertahankan stabilitas fisik sediaan secara baik.

Pada parameter pH, seluruh formula berada dalam rentang pH fisiologis kulit yaitu sekitar 4-6. Nilai pH F1 sebesar 5,03, F2 sebesar 4,6, dan F3 sebesar 4,92. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak tidak memberikan perubahan pH yang signifikan dan seluruh formula masih berada pada rentang yang aman untuk penggunaan topikal. Rentang pH yang sedikit asam ini juga mendukung stabilitas senyawa polifenol dalam ekstrak teh hijau yang diketahui lebih stabil pada kondisi asam lemah.

Perbedaan konsentrasi ekstrak juga mempengaruhi viskositas sediaan. Formula F1 memiliki viskositas sebesar 60,59 cP, sedangkan F2 dan F3 menunjukkan viskositas yang sedikit lebih tinggi yaitu masing-masing 61,54 cP dan 64,25 cP. Peningkatan viskositas ini kemungkinan dipengaruhi oleh bertambahnya jumlah komponen terdispersi dalam sistem sehingga meningkatkan hambatan aliran sediaan. Meskipun demikian, seluruh formula masih berada dalam rentang viskositas yang sesuai untuk sediaan serum topikal sehingga tetap mudah diratakan pada permukaan kulit.

Hasil uji daya sebar menunjukkan bahwa F1 memiliki waktu daya lekat sebesar 41,66 detik, sedangkan F2 dan F3 masing-masing sebesar 48,66 detik dan 57,33 detik. Peningkatan daya lekat pada F2 dan F3 kemungkinan berkaitan dengan peningkatan viskositas sediaan. Meskipun demikian, daya lekat F1 dinilai cukup untuk mempertahankan kontak sediaan dengan kulit tanpa menimbulkan sensasi lengket yang berlebihan sehingga lebih nyaman digunakan.

Secara keseluruhan, berdasarkan perbandingan antar formula menunjukkan bahwa formula F1 memiliki karakteristik paling optimal dengan ukuran partikel paling kecil (37,05 nm), nilai PDI terendah (0,153), serta kestabilan sistem yang baik. Selain itu, nilai pH berada dalam rentang fisiologis kulit, viskositas sesuai dengan karakteristik sediaan serum, serta daya lekat yang cukup untuk mempertahankan kontak dengan kulit tanpa menimbulkan rasa lengket berlebihan. Oleh karena itu, F1 dipilih sebagai formula terbaik untuk dilanjutkan pada pengujian aktivitas dan pengembangan lebih lanjut sebagai sediaan kosmetik fungsional berbasis ekstrak daun teh hijau [18]. Tampilan kontrol sediaan serum dan sediaan nanoserum hasil formulasi ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Kontrol sediaan serum (A), Sediaan nanoserum F1-F3 (B)

3.5 Evaluasi Sediaan

Tabel 3 Aktivitas Inhibisi Tirosinase

Sediaan	Hasil tirosinase ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
Ekstrak teh hijau	35.109 ± 1.283
Asam kojik	18.784 ± 0.861
K1	112.929 ± 4.085
K2	108.213 ± 1.277
K3	73.605 ± 1.573
K4	82.435 ± 1.661
K5	64.972 ± 1.413
F1 (2,5%) H0	24.461 ± 1.796
F1 (2,5%) H6	29.505 ± 1.109

Hasil pengujian aktivitas inhibisi tirosinase dari berbagai sediaan ditunjukkan pada Tabel 3. Pengujian aktivitas inhibisi tirosinase dilakukan untuk mengevaluasi potensi sediaan nanoserum ekstrak daun teh hijau sebagai agen pencerah kulit melalui mekanisme penghambatan enzim tirosinase. Enzim tirosinase berperan penting dalam proses melanogenesis, sehingga penghambatannya menjadi target utama dalam pengembangan bahan aktif kosmetik pencerah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ekstrak daun teh hijau memiliki aktivitas inhibisi tirosinase yang cukup baik, dengan nilai IC_{50} sebesar $35,109 \pm 1,283 \mu\text{g}/\text{mL}$. Nilai ini jauh lebih rendah dibandingkan kontrol basis, niacinamide, dan vitamin E, yang menunjukkan bahwa ekstrak daun teh hijau secara intrinsik memiliki kemampuan penghambatan tirosinase yang lebih baik dibandingkan eksipien atau bahan kontrol tersebut.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [6] yang melaporkan bahwa ekstrak etanol daun teh hijau memiliki aktivitas inhibisi tirosinase dengan nilai IC_{50} sebesar $31,24 \mu\text{g}/\text{mL}$. Nilai tersebut sedikit lebih rendah dibandingkan hasil penelitian ini yang menunjukkan IC_{50} sebesar $35,109 \pm 1,283 \text{ mg}/\text{mL}$, namun masih berada dalam rentang aktivitas yang sebanding. Perbedaan nilai IC_{50} tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh variasi metode ekstraksi, konsentrasi pelarut, serta kondisi pengujian enzimatis yang digunakan.

4 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi nanoserum kombinasi ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* L.) dan astaxanthin berhasil menghasilkan sistem nanoemulsi dengan karakteristik fisik yang baik. Seluruh formula memiliki ukuran partikel dalam rentang nano ($<200 \text{ nm}$) dengan nilai indeks polidispersitas (PDI) $<0,3$, zeta potensial sekitar -30 mV , serta pH $5,25-5,33$ yang sesuai dengan pH fisiologis kulit. Berdasarkan evaluasi karakteristik fisikokimia, formula F1 merupakan formula optimal dengan ukuran partikel $37,05 \text{ nm}$, PDI $0,153$, dan zeta potensial $-30,93 \text{ mV}$. Uji stabilitas freeze-thaw menunjukkan bahwa sediaan tetap stabil tanpa perubahan organoleptik maupun pemisahan fase. Formulasi nanoserum juga mampu meningkatkan aktivitas inhibisi tirosinase dibandingkan ekstrak murni, di mana formula F1 menunjukkan nilai IC_{50} sebesar $24,461 \pm 1,796 \mu\text{g}/\text{mL}$ pada hari ke-0 (H0) dan $29,505 \pm 1,109 \mu\text{g}/\text{mL}$ pada hari ke-6 (H6), sedangkan ekstrak menunjukkan nilai IC_{50} sebesar $35,109 \pm 1,283 \mu\text{g}/\text{mL}$. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem nanoserum tidak hanya stabil secara fisik tetapi juga meningkatkan efektivitas penghambatan enzim tirosinase, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai sediaan kosmetik pencerah kulit berbasis bahan alam.

5 Deklarasi/Pernyataan

5.1 Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi nanoserum kombinasi ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis* L.) dan astaxanthin berhasil menghasilkan sistem nanoemulsi dengan karakteristik fisik yang baik. Seluruh formula memiliki ukuran partikel dalam rentang nano (<200 nm) dengan nilai indeks polidispersitas (PDI) <0,3, zeta potensial sekitar -30 mV, serta pH 5,25–5,33 yang sesuai dengan pH fisiologis kulit. Berdasarkan evaluasi karakteristik fisikokimia, formula F1 merupakan formula optimal dengan ukuran partikel 37,05 nm, PDI 0,153, dan zeta potensial -30,93 mV. Uji stabilitas freeze–thaw menunjukkan bahwa sediaan tetap stabil tanpa perubahan organoleptik maupun pemisahan fase. Formulasi nanoserum juga mampu meningkatkan aktivitas inhibisi tirosinase dibandingkan ekstrak murni, di mana formula F1 menunjukkan nilai IC₅₀ sebesar 24,461 ± 1,796 µg/mL pada hari ke-0 (H0) dan 29,505 ± 1,109 µg/mL pada hari ke-6 (H6), sedangkan ekstrak menunjukkan nilai IC₅₀ sebesar 35,109 ± 1,283 µg/mL. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem nanoserum tidak hanya stabil secara fisik tetapi juga meningkatkan efektivitas penghambatan enzim tirosinase, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai sediaan kosmetik pencerah kulit berbasis bahan alam.

6 Daftar Pustaka

- [1] K. N. Allgisna, S. Hindun, and N. Rantika, “Review: Perbandingan Beberapa Ekstrak Kulit Buah sebagai Anti-hiperpigmentasi,” *Jurnal Sains dan Kesehatan*, vol. 3, no. 2, pp. 335–342, 2021.
- [2] Riyani, M. F. Solihat, and N. Kurniati, “Uji Inhibisi Enzim Tirosinase Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia sinensis* L.) dalam Berbagai Jenis Pelarut,” 2022.
- [3] N. Foo et al., “Acceptability, feasibility and preliminary effectiveness of Picopulse for the treatment of melasma among Malaysian women,” *JEADV Clinical Practice*, vol. 3, no. 3, pp. 807–816, 2024.
- [4] Zoadri et al., “Karakterisasi dan Aktivitas Biologi Senyawa Penghambat Tirosinase,” 2019.
- [5] S. Pradhan and R. C. Dubey, “Deciphering antimicrobial, phytochemical, GC–MS and pharmacokinetic properties of *Camellia sinensis* from high-altitude region,” *Vegetos*, vol. 35, no. 4, pp. 895–902, 2022.
- [6] F. M. Cantika and S. E. Priani, “Uji Aktivitas Antioksidan dan Inhibitor Tirosinase Ekstrak Etanol Daun Teh Hijau,” *Jurnal Riset Farmasi*, pp. 113–120, 2023.
- [7] N. Ekawati and F. Wulandari, “Pengaruh Suplementasi Astaxanthin dalam Mencegah Photoaging,” *Generics: Journal of Research in Pharmacy*, vol. 1, no. 2, 2021.
- [8] L. Nurdianti, W. T. Wulandari, K. I. Cahyati, and F. Setiawan, “Formulation and Characterization of Facial Serum From Astaxanthin-Beta Carotene Nanoemulsion As an Antioxidant,” *International Journal of Applied Pharmaceutics*, vol. 14, Special Issue 4, pp. 92–95, 2022.
- [9] Ma’arif et al., “Formulasi dan Karakterisasi Nanoemulsi Ekstrak Etanol 70% Daun Semanggi (*Marsilea crenata* C. Presl.),” *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, vol. 8, no. 2, pp. 733–746, 2023.
- [10] R. M. Fitri, M. S. Lubis, G. I. Dalimunthe, and R. Yuniarti, “Skrining fitokimia, formulasi dan uji mutu fisik nanoserum ekstrak bonggol nenas (*Ananas comosus* (L.) Merr),” *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, vol. 6, no. 3, pp. 1346–1355, 2023.
- [11] F. I. Gunawan et al., “Kajian Metode Maserasi Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia sinensis*) Dengan Berbagai Pelarut,” *Jurnal Biology Science & Education*, vol. 13, no. 1, pp. 66–75, 2024.
- [12] [R. Tungadi, M. S. Pakaya, and P. W. D’as’ali, “Formulasi dan Evaluasi Stabilitas Fisik Sediaan Krim Senyawa Astaxanthin,” *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, vol. 3, no. 1, pp. 117–124, 2023.

- [13] L. Puspitasari and N. P. D. R. W. Dari, “Uji Aktivitas Inhibitor Enzim Tirosinase dan Antioksidan *Tagetes erecta* L. sebagai Whitening Agent Formulasi Losio Pencerah Kulit,” *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, vol. 8, no. 2, pp. 318–331, 2022.
- [14] S. E. Priani et al., “Formulasi Nanoemulsi Antioksidan Mengandung Ekstrak Etanol Teh Hijau dan Minyak *Calendula*,” *Majalah Farmasetika*, vol. 9, no. 2, p. 193, 2024.
- [15] H. Ahmad et al., “Thin Layer Chromatography Analysis of Catechin Compounds,” 2022.
- [16] G. Morlock et al., “Advanced Planar Chromatography in Natural Product Analysis,” 2021.
- [17] Widodo et al., “Optimasi Ekstraksi Senyawa Polifenol Menggunakan Etanol 70%,” 2021.
- [18] Harwansh, “Nanoemulsion-Based Delivery Systems in Cosmetics,” 2023.
- [19] B. Alex, “Phytochemical and pharmacological evaluation of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze leaf extract,” *Journal of Natural Products*, vol. 7, no. 2, pp. 127–131, 2025.