



e-ISSN : 2621-4660, p-ISSN : 1979-004X

Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada

Jurnal Ilmu-ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan dan Farmasi

Home page : https://ejurnal.universitas-bth.ac.id/index.php/P3M_JKBTH/index



Nanoemulsi Kolagen Ikan Tilapia (*Oreochromis niloticus*) : Formulasi Dan Uji Stabilitas Serum Nanoemulsi

Tilapia Fish Collagen Nanoemulsion (Oreochromis Niloticus): Formulation and Stability Testing of the Nanoemulsion Serum

Zahra Annisa Maulida*, Lilis Tuslinah, Gatut Ari Wardani

S1 Farmasi, Universitas Bakti Tunas Husada
Jl. Letjen Mashudi No. 20, Kota Tasikmalaya, 46196
Email korespondensi: zahra050503@gmail.com

ABSTRAK

Kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) berpotensi sebagai bahan aktif anti-aging, tetapi penetrasinya ke dalam kulit masih terbatas. Oleh karena itu, pada penelitian ini, kolagen diformulasikan dalam sistem nanoemulsi sebagai sediaan serum dan dilakukan evaluasi stabilitas fisik selama penyimpanan 28 hari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui formula nanoemulsi kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) dan formula serum nanoemulsi yang memenuhi syarat evaluasi sediaan yang telah ditetapkan, serta untuk mengetahui sediaan serum nanoemulsi yang memenuhi parameter uji stabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh formula nanoemulsi memiliki ukuran partikel sebesar 21,17–21,83 nm, nilai zeta potensial $-0,74$ hingga $-2,01$ mV, indeks polidispersitas 0,12–0,15, serta efisiensi penjerapan 81,80–87,67%. Seluruh formula serum nanoemulsi memenuhi persyaratan organoleptik, homogenitas, pH, daya sebar, daya lekat, dan viskositas, serta tetap stabil selama penyimpanan 28 hari pada suhu ruang maupun suhu dingin. Dengan demikian, nanoemulsi kolagen ikan tilapia berpotensi dikembangkan sebagai sediaan serum anti-aging yang memiliki karakteristik fisik dan stabilitas yang baik.

Kata kunci: Kolagen, Ikan Tilapia, Nanoemulsi, Serum, Stabilitas.

ABSTRACT

Tilapia (Oreochromis niloticus) collagen has potential as an anti-aging active ingredient, but its penetration into the skin remains limited. Therefore, in this study, the collagen was formulated into a nanoemulsion system as a serum preparation, and its physical stability was evaluated during 28 days of storage. The objectives of this study were to identify tilapia (Oreochromis niloticus) collagen nanoemulsion formulations and nanoemulsion serum formulations that met the established formulation evaluation criteria, as well as to identify nanoemulsion serum formulations that met the stability test parameters. The results showed that all nanoemulsion formulations had particle sizes ranging from 21.17 to 21.83 nm, zeta potential values ranging from -0.74 to -2.01 mV, polydispersity indices ranging from 0.12 to 0.15, and absorption efficiencies ranging from 81.80% to 87.67%. All nanoemulsion serum formulations met the requirements for organoleptic properties, homogeneity, pH, spreadability, adhesion, and viscosity, and remained stable during 28 days of storage at both room and refrigerated temperatures. Thus, tilapia fish collagen nanoemulsions have the potential to be developed as anti-aging serum formulations with good physical characteristics and stability.

Keywords: Collagen, Tilapia, Nanoemulsion, Serum, Stability.

Diterima: 08 Juli 2026

Direview: 13 Juli 2026

Diterbitkan: 10 Agustus 2026

PENDAHULUAN

Kemajuan nanoteknologi telah mendorong inovasi dalam pengembangan sistem penghantaran obat dan bahan aktif kosmetik. Salah satu bentuk sistem penghantaran berbasis nanoteknologi yang banyak digunakan adalah nanoemulsi. Nanoemulsi merupakan sistem dispersi dua fase yang terdiri atas minyak dan air dengan ukuran globul pada rentang 20-200 nm yang distabilkan melalui penambahan surfaktan dan ko-surfaktan (Shaker *et al.*, 2020). Dalam bidang kosmetik, nanoemulsi digunakan secara luas sebagai sistem penghantaran topikal karena dapat meningkatkan permeasi zat aktif menembus stratum korneum. Karakteristik ini didukung oleh stabilitas fisik sediaan yang baik. Hal ini membuat nanoemulsi sangat sesuai untuk dikembangkan dalam formulasi kosmetik (Athallah *et al.*, 2024).

Salah satu bahan aktif kosmetik yang berpotensi untuk diformulasikan ke dalam sistem nanoemulsi adalah kolagen (Lim *et al.*, 2019). Kolagen merupakan protein struktural utama yang menyusun matriks ekstraseluler kulit dan berperan penting dalam mempertahankan elastisitas, hidrasi, serta kekuatan jaringan kulit (Wahyuningsih *et al.*, 2022). Dalam industri kosmetik, kolagen banyak diaplikasikan sebagai bahan aktif anti-aging karena kemampuannya dalam mendukung regenerasi jaringan kulit, meningkatkan elastisitas dan hidrasi kulit, serta membantu mengurangi pembentukan kerutan yang terjadi akibat proses penuaan (Wahid *et al.*, 2022). Kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) memiliki biokompatibilitas yang baik, risiko alergi dan penularan penyakit yang relatif lebih rendah dibandingkan kolagen yang berasal dari mamalia, serta tingkat penerimaan yang lebih tinggi ditinjau dari aspek etika, budaya, dan keagamaan (Wahid *et al.*, 2022).

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan kolagen ikan tilapia sebagai bahan aktif kosmetik, diperlukan pemilihan bentuk sediaan yang mampu menghantarkan bahan aktif secara efektif ke kulit. Serum merupakan salah satu bentuk sediaan kosmetik yang mengandung konsentrasi bahan aktif tinggi dan memiliki viskositas rendah. Sifat tersebut memungkinkan bahan aktif lebih mudah terdispersi dan berpenetrasi ke lapisan kulit dibandingkan sediaan semisolid seperti krim (Mursyid & Waris, 2021). Penerapan sistem nanoemulsi pada sediaan serum diharapkan mampu meningkatkan stabilitas fisik serta efektivitas kolagen dalam menjaga kelembapan kulit dan mengurangi tanda-tanda penuaan (Rachman *et al.*, 2023). Stabilitas merupakan salah satu parameter penting yang harus dipenuhi dalam pengembangan sediaan serum. Selama penyimpanan, sediaan berpotensi mengalami perubahan sifat fisik maupun kimia yang dapat memengaruhi kualitas produk (Hayati *et al.*, 2025).

Kolagen yang berasal dari ikan telah banyak dikaji sebagai bahan aktif antiaging karena memiliki biokompatibilitas yang baik, risiko penularan penyakit yang rendah, serta lebih mudah diterima dibandingkan kolagen yang berasal dari mamalia. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada proses isolasi, karakterisasi, dan pengujian aktivitas biologis kolagen, sedangkan pengembangannya ke dalam sistem nanoemulsi sebagai sediaan serum, disertai evaluasi stabilitas fisiknya selama penyimpanan, masih relatif terbatas, terutama pada kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*). Pengembangan kolagen ikan tilapia dalam sistem nanoemulsi diharapkan dapat meningkatkan penetrasi ke lapisan kulit serta menjaga karakteristik fisik sediaan selama penyimpanan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sediaan serum nanoemulsi yang mengandung kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) serta mengevaluasi stabilitas fisiknya selama penyimpanan. Evaluasi stabilitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan sediaan dalam mempertahankan karakteristik fisiknya selama masa simpan. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan formulasi serum nanoemulsi yang stabil dan memenuhi persyaratan.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) (ATR-FTIR), Particle Size Analyzer (PSA) (Malvern), Zetasizer (Malvern), magnetic stirrer (IKA), pH meter (Ohaus), viscometer (Brookfield), timbangan digital (Ohaus), neraca analitik (Ohaus), alat sonikasi (Skymen).

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) (*Pharmaceutical Grade*), Akuades, Sunflower Oil, Cremophor, Polietilen Glikol 400 (PEG-400), Aquadeion, Natrosol, Gliserin, Dimethylol Dimethyl Hydantoin (DMDM Hydantoin), Ethoxydiglycol.

Karakterisasi Kolagen

Karakterisasi kolagen meliputi pengujian pH dan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Nilai pH dinyatakan memenuhi persyaratan apabila berada pada kisaran 6,5–8 berdasarkan SNI 8076:2014. Analisis FTIR dilakukan pada rentang bilangan gelombang 400–4000 cm^{-1} dengan mengidentifikasi puncak serapan khas kolagen, yaitu Amida A (3300–3550 cm^{-1}), Amida B (2915–2935 cm^{-1}), Amida I (1600–1700 cm^{-1}), Amida II (1480–1575 cm^{-1}), dan Amida III (1229–1301 cm^{-1}) (Tang *et al.*, 2024).

Pembuatan Nanoemulsi

Pembuatan nanoemulsi diawali dengan mencampurkan fase minyak dan surfaktan, kemudian dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer selama 35 menit hingga terbentuk campuran yang homogen. Selanjutnya, ko-surfaktan ditambahkan ke dalam campuran tersebut dan kembali dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer selama 35 menit. Setelah itu, kolagen ikan tilapia ditambahkan dengan konsentrasi masing-masing 0,05%; 0,25%; dan 0,5%, kemudian campuran dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer selama 45 menit hingga tercampur merata. Aquadeion kemudian ditambahkan sebagai fase luar dan campuran kembali dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer selama 45 menit sampai terbentuk nanoemulsi yang transparan. Selanjutnya, nanoemulsi dioptimalkan menggunakan alat sonikator selama 60 menit untuk memperoleh ukuran partikel yang lebih kecil dan distribusi partikel yang lebih homogen (Nurdianti *et al.*, 2022).

Tabel 1. Formula Nanoemulsi Kolagen Ikan Tilapia

Bahan	Konsentrasi (%)			Fungsi
	F I	F II	F III	
Kolagen ikan tilapia	0,05	0,25	0,5	Bahan aktif
Sunflower oil	1	1	1	Fase Minyak
Cremphor	8	8	8	Surfaktan
PEG 400	1	1	1	Ko-Surfaktan
Aquadeion	Ad 20 mL	Ad 20 mL	Ad 20 mL	Fase Air

Karakterisasi Nanoemulsi

Karakterisasi nanoemulsi dilakukan untuk mengetahui sifat fisikokimia sistem yang terbentuk, meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas (PDI), zeta potensial, dan efisiensi penjerapan. Setiap analisis dilakukan dalam tiga kali pengulangan untuk memastikan konsistensi data (Amalia *et al.*, 2024). Parameter-parameter tersebut memengaruhi stabilitas dan kualitas nanoemulsi sebagai sistem penghantaran bahan aktif (Rachman *et al.*, 2023).

Pembuatan Serum Nanoemulsi

Pembuatan serum diawali dengan pengembangan natrosol menggunakan akuades hangat sebanyak 35 mL selama 15 menit dengan bantuan magnetic stirrer hingga terbentuk massa kental menyerupai gel yang jernih. Selanjutnya, gliserin, DMDM hydantoin, ethoxydiglycol, dan nanoemulsi kolagen ikan tilapia dimasukkan secara berturut-turut ke dalam massa natrosol sambil diaduk hingga homogen dengan bantuan magnetic stirrer. Setelah seluruh bahan tercampur sempurna dan diperoleh sediaan serum yang homogen, sediaan kemudian dimasukkan ke dalam botol penyimpanan (Anggarini *et al.*, 2021; Nurdianti *et al.*, 2023).

Tabel 2. Formula Serum Nanoemulsi

Bahan	Konsentrasi (%b/v)			Fungsi
	F I	F II	F III	
Nanoemulsi kolagen	0,05	0,075	0,1	Bahan aktif
Natrosol	0,8	0,8	0,8	Pengental
Gliserin	25	25	25	Humektan
DMDM Hydantoin	0,5	0,5	0,5	Pengawet

Bahan	Konsentrasi (%b/v)			Fungsi
	F I	F II	F III	
Ethoxydiglycol	2	2	2	Penetran
Akuades	Ad 100 mL	Ad 100 mL	Ad 100 mL	Pelarut

Evaluasi Sediaan Serum Nanoemulsi

Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan dengan mengamati karakteristik visual sediaan serum nanoemulsi meliputi warna, aroma, dan tekstur dari setiap formula serum yang diuji (Asky *et al.*, 2022).

Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan dengan menempatkan sekitar 0,1 mL sediaan serum pada dua buah kaca objek dan meratakannya secara merata. Sediaan dikategorikan homogen apabila tidak terdapat butiran kasar atau gumpalan, serta warna pada seluruh permukaan preparat serum terlihat seragam (Asky *et al.*, 2022).

Uji pH

Uji pH serum dilakukan dengan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan buffer pH 4, 7, dan 10. Elektroda dibersihkan dan dikeringkan sebelum digunakan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), pH ideal untuk sediaan kosmetik berada pada kisaran 4,5–6,5, yang sesuai dengan pH kulit dan mendukung tolerabilitas pengguna (Manurung *et al.*, 2023).

Uji Daya Sebar

Uji daya sebar serum dilakukan dengan menempatkan sampel di tengah kaca transparan. Selanjutnya, sampel diberikan pemberat seberat 100 gram, dan diameter sebarannya diukur setelah 1 menit. Daya sebar serum yang dianggap optimal berada dalam kisaran 5–7 cm, yang mencerminkan kemampuan sediaan untuk tersebar merata di seluruh permukaan kulit pada saat digunakan (Asky *et al.*, 2022).

Uji Daya Lekat

Uji daya lekat dilakukan dengan menempatkan 0,25 gram sampel serum di antara dua gelas objek pada alat uji daya lekat. Sampel kemudian ditekan menggunakan beban seberat 150 gram selama 5 menit. Setelah beban diangkat, diberikan beban tambahan sebesar 80 gram, dan waktu yang dibutuhkan hingga serum terlepas dicatat. Pengujian ini bertujuan untuk menilai adhesi atau daya lekat serum terhadap permukaan, yang memengaruhi kemampuan sediaan untuk tetap menempel dan bekerja secara efektif pada kulit. Sediaan yang baik umumnya memiliki daya lekat ≥ 4 detik (Al Gifari *et al.*, 2023).

Uji Viskositas dan Reologi

Pengukuran viskositas serum dilakukan menggunakan viskometer Brookfield dengan spindel No. 3 pada kecepatan 50 rpm. Setiap sampel diuji secara berulang sebanyak tiga kali, dan nilai viskositas yang dilaporkan merupakan rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut. Secara umum, viskositas serum berada dalam kisaran 230–3000 cPs, yang memengaruhi kenyamanan aplikasi dan kemampuan penyebaran sediaan di permukaan kulit (Purwanti *et al.*, 2022). Uji reologi menggunakan spindel yang sama namun dengan kecepatan putaran yang divariasikan. Mulai dari 10, 20, 30, 50, 60, dan 100 rpm yang dinaikkan-turunkan secara berurutan hingga diperoleh kurva program menaik dan menurun untuk tiap formula (Chaerunisaa *et al.*, 2020).

Uji Iritasi

Uji iritasi dilakukan dengan mengaplikasikan sediaan serum secara terbuka pada kulit panelis. Sediaan dioleskan pada area punggung lengan bagian atas dengan luas pengujian berdiameter sekitar 2 cm. Selanjutnya, area aplikasi diamati selama 5 jam untuk mengevaluasi kemungkinan timbulnya reaksi iritasi. Parameter yang diamati meliputi munculnya sensasi panas, kemerahan, gatal, maupun pembengkakan pada kulit (Liandhajani *et al.*, 2022). Seluruh pengujian yang melibatkan panelis, yaitu uji hedonik dan uji iritasi, telah memperoleh persetujuan etik (*ethical clearance*) dari Komite Etik

Penelitian Kesehatan Universitas Bakti Tunas Husada dengan Nomor 192-01/E.01/KEPK-BTH/V/2026. Seluruh panelis telah memberikan persetujuan tertulis (*informed consent*) sebelum mengikuti penelitian.

Uji Hedonik

Uji hedonik dilakukan untuk memperoleh penilaian subjektif mengenai serum nanoemulsi dari sudut pandang konsumen. Uji ini melibatkan panelis secara acak sebanyak 30 orang. Para panelis diberikan kuisioner untuk menilai produk yang mereka sukai maupun yang kurang disukai. Evaluasi uji hedonik mencakup aspek organoleptis seperti warna, aroma, dan tekstur serum (Manurung *et al.*, 2023).

Uji Stabilitas

Uji stabilitas dilakukan dengan cara menyimpan sediaan serum nanoemulsi pada dua kondisi suhu, yaitu suhu ruang (25°C) dan suhu dingin (4°C) selama 28 hari (Bikiaris *et al.*, 2025). Pengamatan dilakukan pada hari ke-0, 14, dan 28 untuk mengevaluasi perubahan karakteristik fisik sediaan yang meliputi organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, daya sebar, dan daya lekat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kondisi penyimpanan terhadap stabilitas fisik sediaan serta menentukan kondisi penyimpanan yang paling sesuai untuk mempertahankan mutu produk (Nurleni *et al.*, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

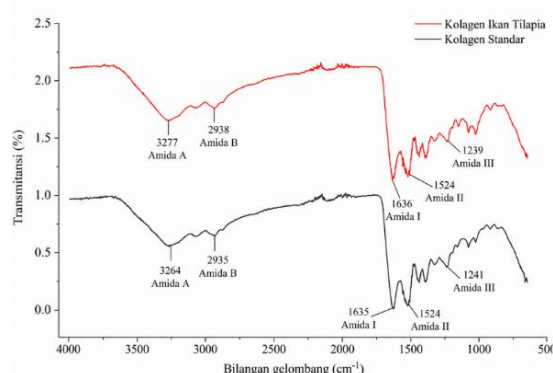
Karakterisasi kolagen dilakukan untuk memastikan kualitas dan identitas bahan baku sebelum digunakan dalam formulasi nanoemulsi serum. Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan bahwa kolagen yang digunakan memiliki nilai pH yang sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan.

Tabel 3. Hasil Uji pH Kolagen Ikan Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

pH			Rata-Rata ± SD	Syarat
Pengulangan ke-1	Pengulangan ke-2	Pengulangan ke-3		
6,80	6,81	6,82	6,81±0,01	6,5-8 (SNI 8076:2014)

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh nilai pH kolagen tulang ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) sebesar 6,81. Nilai tersebut berada dalam rentang persyaratan pH kolagen menurut SNI 8076:2014, yaitu 6,5-8,0. Hasil ini menunjukkan bahwa kolagen yang digunakan memiliki karakteristik yang sesuai dan memenuhi standar pada parameter pH.

Berdasarkan Gambar 1, teridentifikasi beberapa pita serapan khas kolagen yang meliputi amida A, amida B, amida I, amida II, dan amida III.



Gambar 1. Gugus Fungsi Kolagen meliputi Amida A, B, I, II, dan III

Tabel 4. Karakteristik Gugus Fungsi Kolagen Ikan Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)				
Jenis Amida	Sampel Kolagen Ikan Tilapia	Kolagen Standar	Referensi (Tang <i>et al.</i> , 2024)	Keterangan
Amida A	3277	3264	3300–3550	Peregangan NH
Amida B	2938	2935	2915–2935	Peregangan simetris CH ₂
Amida I	1636	1635	1600–1700	Peregangan gugus (Ikatan C=O)
Amida II	1524	1524	1480–1575	Pembengkokan NH
Amida III	1239	1241	1229–1301	Peregangan CN, Pembengkokan NH

Pita serapan amida A menunjukkan peregangan gugus NH dan masih berada dalam rentang bilangan gelombang 3300–3550 cm⁻¹. Pita serapan amida B terdeteksi pada bilangan gelombang 2938 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya peregangan simetris gugus CH₂. Pita serapan amida I terdeteksi pada bilangan gelombang 1636 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya peregangan gugus karbonil (C=O) yang merupakan pita karakteristik utama kolagen yang berhubungan dengan struktur sekunder protein (Tang *et al.*, 2024). Pita amida II terdeteksi pada bilangan gelombang 1524 cm⁻¹ yang berkaitan dengan pembengkokan (*bending*) gugus NH. Pita amida III terdeteksi pada bilangan gelombang 1239 cm⁻¹. Pita amida III berhubungan dengan peregangan ikatan CN dan pembengkokan gugus NH yang menunjukkan masih adanya struktur heliks kolagen (Tang *et al.*, 2024). Dengan demikian, kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) yang digunakan dalam penelitian ini memiliki karakteristik gugus fungsi yang sesuai dengan kolagen pada umumnya, yang ditandai dengan munculnya pita serapan amida A, B, I, II, dan III (Tang *et al.*, 2024). Keberadaan pita-pita amida tersebut menunjukkan bahwa struktur protein kolagen masih terjaga dengan baik sehingga kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) dapat digunakan sebagai bahan aktif dalam formulasi nanoemulsi.

Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa nanoemulsi kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) yang dihasilkan pada penelitian ini menunjukkan karakteristik organoleptik yang berbeda pada setiap formula. F1 memiliki karakteristik jernih, kental, dan berbau khas surfaktan. F2 memiliki karakteristik agak putih tetapi masih jernih, kental, dan berbau khas surfaktan. F3 memiliki karakteristik warna putih, kental dan berbau khas surfaktan.

**Gambar 2. Nanoemulsi Kolagen Ikan Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

Keterangan:

- F1 : Nanoemulsi Kolagen Konsentrasi 0,05%
- F2 : Nanoemulsi Kolagen Konsentrasi 0,25%
- F3 : Nanoemulsi Kolagen Konsentrasi 0,5%

Secara umum, nanoemulsi yang baik ditandai dengan terbentuknya sistem dispersi yang homogen, tampak jernih atau transparan secara visual, tidak mengandung partikel yang tidak terdispersi, serta tetap stabil selama penyimpanan pada suhu ruang (Rachman *et al.*, 2023). Meningkatnya konsentrasi kolagen dalam formulasi menyebabkan warna nanoemulsi menjadi semakin putih dan keruh. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah padatan terdispersi dalam sistem nanoemulsi sehingga

mengurangi tingkat transparansi sediaan. Namun demikian, seluruh formula masih menunjukkan karakteristik homogen tanpa adanya pemisahan fase.

Karakterisasi nanoemulsi dilakukan untuk mengetahui sifat fisikokimia sistem yang terbentuk, meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas (PDI), zeta potensial, dan efisiensi penjerapan. Parameter-parameter tersebut memengaruhi stabilitas dan kualitas nanoemulsi sebagai sistem penghantaran bahan aktif (Rachman *et al.*, 2023).

Tabel 5. Hasil Karakterisasi Nanoemulsi Kolagen Ikan Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Parameter	Formula		
	1	2	3
Ukuran Partikel (nm)	21,17 ± 0,09	21,67 ± 0,29	21,83 ± 0,12
Zeta Potensial (mV)	-0,74 ± 0,56	-0,85 ± 0,32	-2,01 ± 0,87
Indeks Polidispersitas	0,13 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,12 ± 0,01
Efisiensi Penjerapan (%)	87,67% ± 0,04	83,20% ± 0,04	81,80% ± 0,05

Berdasarkan Tabel 5, hasil karakterisasi dari nanoemulsi kolagen ikan tilapia menunjukkan ukuran partikel yang memenuhi syarat, distribusi ukuran partikel yang seragam, stabil secara sterik, dan penjerapan yang cukup efisien. Berdasarkan hasil karakterisasi nanoemulsi kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*), seluruh formula menunjukkan ukuran partikel yang berada pada rentang nano (<200 nm) dengan distribusi ukuran partikel yang homogen (PDI <0,3). Seluruh formula nanoemulsi memiliki ukuran partikel yang berada pada rentang 21,17-21,83 nm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa seluruh formula telah memenuhi kriteria nanoemulsi karena memiliki ukuran partikel <200 nm. Ukuran partikel yang kecil merupakan salah satu karakteristik utama nanoemulsi yang dapat meningkatkan luas permukaan kontak antara bahan aktif dan kulit sehingga berpotensi meningkatkan penetrasi serta efektivitas penghantaran bahan aktif. Selain itu, ukuran partikel yang kecil juga dapat meningkatkan stabilitas sistem dengan mengurangi kemungkinan terjadinya sedimentasi dan pemisahan fase selama penyimpanan (Shaker *et al.*, 2020).

Berdasarkan nilai indeks polidispersitas, seluruh formula menunjukkan nilai PDI di bawah 0,3 yang menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel bersifat homogen. Hasil pengukuran zeta potensial menunjukkan nilai negatif pada seluruh formula yaitu -0,74 hingga -2,01. Secara umum, nanoemulsi yang distabilkan melalui mekanisme elektrostatis memiliki nilai zeta potensial ± 30 mV untuk menghasilkan gaya tolak antardroplet yang memadai (Mushtaq *et al.*, 2023). Nilai zeta potensial yang rendah pada seluruh formula menunjukkan bahwa kontribusi *electrostatic stabilization* terhadap stabilitas nanoemulsi relatif kecil. Hal ini disebabkan karena Cremophor RH40 dan PEG 400 merupakan surfaktan nonionik yang menstabilkan sistem melalui mekanisme *steric stabilization*, yaitu pembentukan lapisan sterik pada permukaan droplet yang menghambat terjadinya agregasi dan koalesensi (Wang *et al.*, 2023). Oleh karena itu, stabilitas nanoemulsi pada penelitian ini lebih didominasi oleh mekanisme *steric stabilization* dibandingkan *electrostatic stabilization* (Liu *et al.*, 2023). Meskipun demikian, nanoemulsi yang dibuat tetap menunjukkan stabilitas fisik yang baik selama penyimpanan. Efisiensi penjerapan digunakan sebagai indikator kemampuan sistem nanoemulsi dalam menyerap kolagen ke dalam droplet yang terbentuk.

Nilai efisiensi penjerapan yang tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar kolagen berhasil terjerap di dalam sistem nanoemulsi, sehingga berpotensi meningkatkan efektivitas penghantaran bahan aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Formula 1 memiliki efisiensi penjerapan tertinggi sebesar 87,67 ± 0,04%, diikuti Formula 2 sebesar 83,20 ± 0,037%, dan Formula 3 sebesar 81,80 ± 0,048%. Penurunan efisiensi penjerapan seiring meningkatnya konsentrasi kolagen diduga terjadi karena keterbatasan kapasitas sistem nanoemulsi dalam menyerap kolagen. Ketika jumlah kolagen yang ditambahkan semakin tinggi, sebagian kolagen tidak dapat terjerap secara optimal ke dalam sistem nanoemulsi sehingga menyebabkan nilai efisiensi penjerapan menurun.

Dapat dilihat pada Gambar 2, bahwa warna tiap formula dari serum nanoemulsi cenderung mirip. Hal ini menandakan bahwa nanoemulsi kolagen terdispersi merata pada basis. Tujuan dilakukan uji organoleptik adalah untuk mengetahui karakteristik fisik sediaan serum nanoemulsi kolagen yang meliputi warna, aroma, tekstur, serta untuk menilai penerimaan awal terhadap sediaan.



Gambar 3. Sediaan Serum Nanoemulsi Kolagen

Keterangan:

- F0 : Basis Serum
 F1 : Serum Nanoemulsi Kolagen Konsentrasi 0,05%
 F2 : Serum Nanoemulsi Kolagen Konsentrasi 0,075%
 F3 : Serum Nanoemulsi Kolagen Konsentrasi 0,1%

Tabel 6. Hasil Uji Organoleptik Sediaan Serum

Formula	Parameter		
	Warna	Aroma	Tekstur
F0	Tidak Berwarna, Bening	Tidak Berbau	Kental, Mudah Menyerap
F1	Tidak Berwarna, Sedikit Keruh	Tidak Berbau	Kental, Mudah Menyerap
F2	Tidak Berwarna, Keruh	Tidak Berbau	Kental, Mudah Menyerap
F3	Sedikit Putih, Keruh	Tidak Berbau	Sedikit Encer, Mudah Menyerap

Berdasarkan Tabel 6, dilakukan pengamatan secara organoleptis meliputi aroma dan tekstur dengan hasil serum yang serupa untuk F0, F1, dan F2. Ketiga formula tersebut tidak berbau dan memiliki tekstur yang kental serta mudah menyerap, sedangkan F3 memiliki perbedaan pada teksturnya yaitu memiliki tekstur yang sedikit encer dibandingkan dengan formula yang lainnya. Jika dilihat dari warna, F0 tidak berwarna dan bening. F1 tidak berwarna, tetapi sedikit keruh. F2 tidak berwarna tetapi keruh dan F3 memiliki warna sedikit putih serta keruh. Hal ini terjadi karena F3 mengandung lebih banyak nanoemulsi kolagen.

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui keseragaman campuran dalam sediaan serum nanoemulsi.

Tabel 7. Hasil Uji Homogenitas Sediaan Serum

Formula	Hasil Pengamatan
F0	Homogen, Tidak Ada Partikel yang Terlihat
F1	Homogen, Tidak Ada Partikel yang Terlihat
F2	Homogen, Tidak Ada Partikel yang Terlihat
F3	Homogen, Tidak Ada Partikel yang Terlihat

Berdasarkan Tabel 7, seluruh formula serum menunjukkan hasil homogen dengan tidak ditemukannya partikel yang terlihat secara visual. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh komponen sediaan telah tercampur secara merata dan membentuk sistem yang seragam (Veranita & Permatasari, 2022). Selain itu, hasil yang homogen diduga dipengaruhi oleh ukuran partikel nanoemulsi yang kecil dan nilai indeks polidispersitas (PDI) nanoemulsi yang rendah ($<0,3$) (Marzuki *et al.*, 2019).

Uji pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman sediaan serum nanoemulsi serta memastikan bahwa pH sediaan sesuai pH kulit sehingga aman digunakan dan tidak menimbulkan iritasi. Parameter pH merupakan salah satu aspek penting dalam evaluasi sediaan topikal karena dapat memengaruhi stabilitas sediaan, kenyamanan penggunaan, dan risiko terjadinya iritasi pada kulit (Lukic *et al.*, 2021).

Tabel 8. Hasil Uji pH Sediaan Serum

Formula	pH				Syarat 4,5-6,5 (Manurung <i>et al.</i> , 2023)
	Pengulangan Ke-				
	1	2	3	Rata-rata ± SD	
F0	5,98	5,96	5,95	5,96 ± 0,02	Memenuhi Syarat
F1	5,71	5,70	5,69	5,70 ± 0,01	Memenuhi Syarat
F2	5,69	5,68	5,67	5,68 ± 0,01	Memenuhi Syarat
F3	5,52	5,10	5,50	5,51 ± 0,01	Memenuhi Syarat

Berdasarkan Tabel 8, terjadi penurunan pH seiring dengan meningkatnya konsentrasi nanoemulsi kolagen ikan tilapia dalam formula serum. Penurunan pH tersebut diduga disebabkan oleh variasi konsentrasi nanoemulsi kolagen yang ditambahkan. Meskipun terjadi penurunan pH, seluruh formula masih berada dalam rentang pH yang sesuai untuk sediaan topikal yaitu 4,5-6,5 (Manurung *et al.*, 2023). Dengan demikian, diharapkan bahwa sediaan serum nanoemulsi kolagen ikan tilapia yang dihasilkan aman dan nyaman saat diaplikasikan.

Uji daya sebar dilakukan untuk mengetahui kemampuan sediaan serum menyebar luas secara merata di permukaan kulit setelah diaplikasikan. Daya sebar berpengaruh terhadap kemudahan penggunaan. Semakin baik nilai daya sebar, semakin mudah sediaan tersebut diaplikasikan dan akan lebih mudah menutupi seluruh area kulit yang diinginkan sehingga zat aktif di dalamnya dapat bekerja secara optimal. Selain itu, sediaan serum yang mudah diratakan akan lebih nyaman digunakan karena lebih cepat meresap ke dalam kulit dan tidak menimbulkan rasa lengket (Sasmiyandri *et al.*, 2019).

Tabel 9. Hasil Uji Daya Sebar Sediaan Serum

Formula	Diameter Daya Sebar (cm)				Syarat 5-7 cm (Asky <i>et al.</i> , 2022)
	Pengulangan Ke-				
	1	2	3	Rata-rata $\pm$ SD	
F0	5,50	5,40	5,10	5,33 $\pm$ 0,21	Memenuhi Syarat
F1	5,90	6,00	6,10	6,00 $\pm$ 0,10	Memenuhi Syarat
F2	6,20	6,10	6,00	6,10 $\pm$ 0,10	Memenuhi Syarat
F3	6.60	6.70	6.50	6.60 $\pm$ 0,10	Memenuhi Syarat

Berdasarkan Tabel 9, seluruh formula menunjukkan nilai daya sebar yang memenuhi persyaratan, yaitu berada dalam rentang 5–7 cm (Asky *et al.*, 2022). F0 memiliki diameter daya sebar yang paling rendah dan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi nanoemulsi yang ditambahkan dimana F3 memiliki diameter daya sebar paling tinggi. Hasil ini sejalan dengan tekstur dan konsistensi serum di mana F3 cenderung lebih encer karena mengandung lebih banyak nanoemulsi kolagen ikan tilapia sehingga mampu menyebar lebih luas. Hal ini menunjukkan bahwa nanoemulsi kolagen ikan tilapia dapat memengaruhi diameter daya sebar serum.

Uji daya lekat dilakukan untuk mengetahui kemampuan sediaan serum dalam mempertahankan kontak bahan aktif dengan permukaan kulit dalam jangka waktu tertentu. Semakin lama daya lekat suatu sediaan semakin banyak zat aktif yang diabsorpsi sehingga memberikan efek pada kulit yang optimal. Namun, daya lekat yang terlalu tinggi juga menimbulkan rasa lengket sehingga mengurangi kenyamanan pengguna (Iskandar *et al.*, 2021).

Tabel 10. Hasil Uji Daya Lekat Sediaan Serum

Formula	Daya Lekat (detik)				Syarat ≥4 detik (Al Gifari <i>et al.</i> , 2023)
	Pengulangan Ke-				
	1	2	3	Rata-rata ± SD	
F0	07,11	07,42	07,58	07,37 ± 0,24	Memenuhi Syarat
F1	06,49	06,68	06,90	06,69 ± 0,21	Memenuhi Syarat
F2	05,69	06,11	06,56	06,12 ± 0,44	Memenuhi Syarat
F3	05,10	05,52	05,97	05,53 ± 0,44	Memenuhi Syarat

Berdasarkan Tabel 10, seluruh formula memiliki daya lekat yang memenuhi persyaratan karena memiliki waktu lekat lebih dari 4 detik (Al Gifari *et al.*, 2023) meskipun menunjukkan adanya kecenderungan penurunan daya lekat seiring meningkatnya konsentrasi nanoemulsi yang ditambahkan. Penurunan daya lekat berkaitan dengan karakteristik fisik masing-masing formula sediaan serum, terutama viskositas dan daya sebar. Daya lekat berbanding lurus dengan viskositas dan berbanding terbalik dengan daya sebar. Sediaan dengan viskositas yang lebih tinggi cenderung memiliki daya lekat yang lebih besar karena memiliki konsistensi yang lebih kental sehingga lebih sulit terlepas dari permukaan tempat melekatnya (Iskandar *et al.*, 2021).

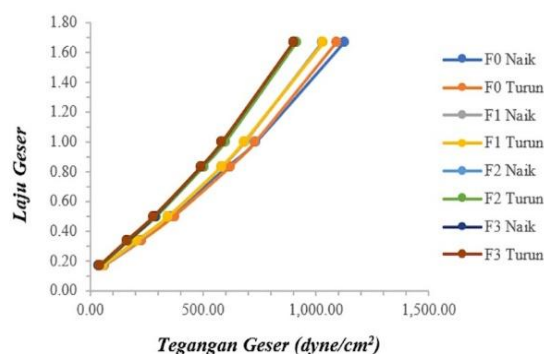
Uji viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan sediaan serum yang berpengaruh terhadap kemudahan pengaplikasian serta kenyamanan penggunaan pada kulit. Berdasarkan hasil pengujian dengan *spindle* nomor 3 dengan kecepatan 50 rpm, seluruh formula serum nanoemulsi kolagen ikan tilapia memiliki nilai viskositas yang memenuhi syarat karena berada pada rentang 230-3000 cPs (Purwanti *et al.*, 2022).

Tabel 11. Hasil Uji Viskositas Sediaan Serum

Formula	Viskositas (cPs)				Syarat 230-3000 cPs (Purwanti <i>et al.</i> , 2022)
	Pengulangan Ke-				
	1	2	3	Rata-rata ± SD	
F0	748,80	746,40	744,00	746,40 ± 2,40	Memenuhi Syarat
F1	696,00	698,40	700,80	698,40 ± 2,40	Memenuhi Syarat
F2	604,80	602,40	600,00	602,40 ± 2,40	Memenuhi Syarat
F3	595,20	592,80	590,40	592,80 ± 2,40	Memenuhi Syarat

Dapat dilihat pada Tabel 11, nilai viskositas yang diperoleh menunjukkan bahwa sediaan memiliki konsistensi yang cukup baik untuk diaplikasikan pada kulit, tidak terlalu encer sehingga mudah mengalir, dan tidak terlalu kental sehingga tetap mudah diratakan pada permukaan kulit meskipun terjadi penurunan nilai viskositas seiring bertambahnya konsentrasi nanoemulsi dalam formula. Hal ini sejalan dengan hasil uji organoleptik F3 yang lebih encer dari formula lainnya. Viskositas dan daya sebar memiliki hubungan berbanding terbalik, dimana sediaan dengan viskositas yang lebih rendah cenderung memiliki daya sebar yang lebih besar (Iskandar *et al.*, 2021).

Tipe aliran sediaan serum ditentukan melalui uji reologi menggunakan *spindle* yang sama namun dengan kecepatan putaran yang divariasikan. Mulai dari 10, 20, 30, 50, 60, dan 100 rpm yang dinaikkan-turunkan secara berurutan hingga diperoleh kurva reogram menaik dan menurun untuk tiap formula.

**Gambar 4. Reogram Sediaan Serum Nanoemulsi Kolagen**

Berdasarkan Gambar 4, terlihat seluruh formula serum nanoemulsi kolagen menunjukkan peningkatan *rate of shear* seiring dengan meningkatnya *shearing stress*. Kurva aliran menunjukkan bahwa sediaan serum nanoemulsi kolagen ikan tilapia yang dihasilkan termasuk ke dalam jenis non-Newtonian atau disebut juga tipe aliran pseudoplastik, yaitu viskositas menurun ketika gaya geser meningkat. Tipe aliran ini sangat efektif dan menguntungkan untuk sediaan topikal di mana suatu sediaan akan semakin menurun viskositasnya seiring dengan meningkatnya gaya geser (*rate of shear*). Dengan kata lain, semakin serum dioleskan pada kulit, maka akan semakin encer dan semakin luas daya sebarannya di mana hal ini sangat diharapkan untuk kemudahan dan kenyamanan pengguna (Mastropietro *et al.*, 2019).

Uji stabilitas ini merupakan modifikasi dari *real-time storage stability test* yang digunakan sebagai evaluasi stabilitas fisik jangka pendek. Sediaan serum disimpan pada suhu ruang (25°C) dan suhu dingin (4°C) selama 28 hari untuk memperoleh gambaran awal mengenai kemampuan sediaan mempertahankan karakteristik fisiknya selama penyimpanan. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh suhu terhadap stabilitas fisik sediaan berdasarkan parameter organoleptik, homogenitas, pH, daya sebar, daya lekat, dan viskositas (Bikiaris *et al.*, 2025).

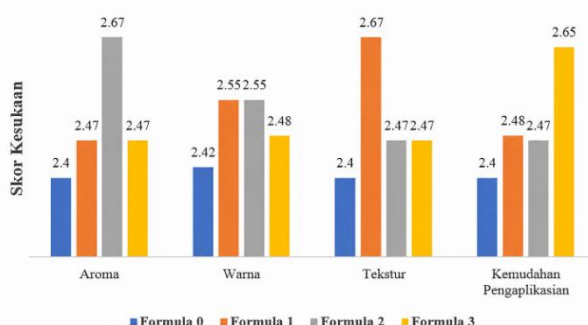
Tabel 12. Hasil Uji Stabilitas Sediaan Serum

Parameter	Formula	Suhu					
		Hari Ke-0		Hari Ke-14		Hari Ke-28	
		Ruang	Dingin	Ruang	Dingin	Ruang	Dingin
Organoleptik	F0	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
	F1	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
	F2	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
	F3	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
Homogenitas	F0	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen
	F1	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen
	F2	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen
	F3	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen
pH	F0	5,96 ± 0,02	5,96 ± 0,02	5,96 ± 0,01	6,15 ± 0,01	6,00 ± 0,02	6,29 ± 0,01
	F1	5,70 ± 0,01	5,70 ± 0,01	5,61 ± 0,02	5,80 ± 0,01	5,78 ± 0,01	5,80 ± 0,01
	F2	5,68 ± 0,01	5,68 ± 0,01	5,67 ± 0,01	5,76 ± 0,01	5,63 ± 0,01	5,81 ± 0,01
	F3	5,51 ± 0,01	5,51 ± 0,01	5,55 ± 0,02	5,65 ± 0,01	5,50 ± 0,01	5,85 ± 0,01
Daya Sebar	F0	5,33 ± 0,21	5,33 ± 0,21	5,83 ± 0,15	5,13 ± 0,15	5,96 ± 0,15	5,00 ± 0,30
	F1	6,00 ± 0,10	6,00 ± 0,10	6,30 ± 0,25	5,40 ± 0,06	6,40 ± 0,15	5,10 ± 0,20
	F2	6,10 ± 0,10	6,10 ± 0,10	6,40 ± 0,15	6,00 ± 0,10	6,60 ± 0,10	5,53 ± 0,15
	F3	6,60 ± 0,10	6,60 ± 0,10	6,80 ± 0,10	6,30 ± 0,15	6,93 ± 0,05	5,90 ± 0,25
Daya Lekat	F0	7,37 ± 0,24	7,37 ± 0,24	7,14 ± 0,15	7,90 ± 0,26	7,14 ± 0,10	8,64 ± 0,23
	F1	6,69 ± 0,21	6,69 ± 0,21	6,73 ± 0,17	7,00 ± 0,13	6,46 ± 0,14	7,78 ± 0,38
	F2	6,12 ± 0,44	6,12 ± 0,44	6,12 ± 0,27	6,50 ± 0,32	6,05 ± 0,14	7,57 ± 0,45
	F3	5,53 ± 0,44	5,53 ± 0,44	5,48 ± 0,48	5,80 ± 0,39	5,24 ± 0,51	6,33 ± 0,33
Viskositas	F0	746,40 ± 2,40	746,40 ± 2,40	724,80 ± 2,40	1261,30 ± 6,11	660,00 ± 2,40	2157,70 ± 2,52
	F1	698,40 ± 2,40	698,40 ± 2,40	629,80 ± 6,40	1168,70 ± 2,52	595,20 ± 2,40	2099,00 ± 3,60
	F2	602,40 ± 2,40	602,40 ± 2,40	568,80 ± 2,40	984,00 ± 3,60	461,60 ± 3,66	1882,30 ± 3,50
	F3	592,80 ± 2,40	592,80 ± 2,40	530,10 ± 2,01	744,00 ± 4,00	423,20 ± 3,66	1255,00 ± 2,52

Berdasarkan Tabel 12, seluruh formula tetap menunjukkan kondisi organoleptik dan homogenitas yang stabil selama penyimpanan pada suhu ruang maupun suhu dingin. Sementara itu, data pengujian pH, daya sebar, daya lekat, dan viskositas diuji statistik menggunakan *Paired Sample T-Test* dengan hasil yang menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap masing-masing parameter uji stabilitas sediaan selama 28 hari penyimpanan. Pada penyimpanan suhu ruang, nilai pH tidak mengalami perubahan yang signifikan antara hari ke-0, ke-14, dan ke-28 ($p = 0,312$; $p = 0,488$; $p = 0,345$), demikian pula daya lekat ($p = 0,316$; $p = 0,141$; $p = 0,255$). Sebaliknya, daya sebar mengalami perubahan yang signifikan selama penyimpanan ($p = 0,001$; $p < 0,001$; $p = 0,002$), yang ditunjukkan dengan meningkatnya daya sebar, sedangkan viskositas mengalami penurunan yang signifikan ($p < 0,001$) pada seluruh interval pengamatan. Pada penyimpanan suhu dingin, seluruh parameter mengalami perubahan yang signifikan, yaitu pH ($p < 0,001$), daya sebar ($p < 0,001$), daya lekat ($p < 0,001$), dan viskositas ($p < 0,001$). Perubahan tersebut ditandai dengan penurunan nilai pH dan daya sebar, serta peningkatan daya lekat dan viskositas. Hasil ini menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu ruang mampu mempertahankan stabilitas fisik sediaan lebih baik dibandingkan penyimpanan pada suhu dingin, meskipun seluruh formula masih memenuhi persyaratan mutu selama penyimpanan.

Uji hedonik dilakukan pada formula 0, 1, 2, dan 3 untuk mengetahui tingkat kesukaan berdasarkan penilaian para panelis. Parameter yang dilihat meliputi aroma, warna, tekstur, dan kemudahan pengaplikasian.

Uji hedonik dilakukan terhadap Formula 0, 1, 2, dan 3 untuk mengevaluasi tingkat kesukaan panelis terhadap sediaan serum. Pengujian melibatkan 30 panelis menggunakan kuesioner uji hedonik dengan skala 1–3, di mana skor 1 = tidak suka, skor 2 = suka, dan skor 3 = sangat suka. Parameter yang dinilai meliputi aroma, warna, tekstur, dan kemudahan pengaplikasian. Sebelum pengujian dilaksanakan, seluruh panelis memperoleh penjelasan mengenai tujuan dan prosedur penelitian serta menyatakan kesediaannya untuk berpartisipasi.



Gambar 1. Hasil Uji Hedonik Sediaan Serum

Berdasarkan Gambar 5, dilakukan analisis statistik menggunakan Uji Friedman dengan hasil tidak terdapat perbedaan tingkat kesukaan yang signifikan terhadap aroma ($p = 0,112$), warna ($p = 0,748$), tekstur ($p = 0,463$), maupun kemudahan pengaplikasian ($p = 0,292$) antar Formula 0, Formula 1, Formula 2, dan Formula 3 (seluruhnya $p > 0,05$). Meskipun demikian, berdasarkan nilai rata-rata skor hedonik, Formula 2 memperoleh skor tertinggi pada parameter aroma dengan 2,67, Formula 1 dan Formula 2 memperoleh skor tertinggi pada parameter warna dengan skor 2,55. Formula 1 memperoleh skor tertinggi pada parameter tekstur dengan skor 2,67 sedangkan Formula 3 memperoleh skor tertinggi pada parameter kemudahan pengaplikasian dengan skor 2,65. Tingginya skor kemudahan pengaplikasian pada F3 diduga berkaitan dengan viskositas yang lebih rendah dan daya sebar yang lebih tinggi sehingga serum lebih mudah diratakan pada kulit. Secara keseluruhan, seluruh formula dapat diterima dengan baik oleh panelis. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan nanoemulsi kolagen ikan tilapia tidak menurunkan mutu organoleptik sediaan dan tetap menghasilkan serum yang nyaman digunakan.

Uji iritasi dilakukan bertujuan untuk mengetahui adanya reaksi iritasi yang tidak dikehendaki setelah pemakaian serum selama 5 jam. Sediaan topikal yang baik dan aman harus bebas dari segala efek merugikan pada kulit, baik itu reaksi iritasi ringan, sedang, maupun berat. Pengujian ini merupakan salah satu evaluasi penting pada sediaan topikal untuk memastikan bahwa formulasi yang dikembangkan tidak menimbulkan reaksi yang tidak diinginkan, seperti kemerahan, rasa gatal, rasa panas, maupun pembengkakan pada kulit (Liandhajani *et al.*, 2022). Pengujian melibatkan 30 panelis menggunakan kuesioner uji iritasi dengan skala 1–3, di mana skor 1 = tidak terasa, skor 2 = terasa, dan skor 3 = sangat terasa.

Tabel 13. Hasil Uji Iritasi

No.	Parameter	Responden (+/-)			
		F0	F1	F2	F3
1	Kemerahan	-	-	-	-
2	Rasa Gatal	-	-	-	-
3	Rasa Panas	-	-	-	-
4	Bengkak	-	-	-	-

Keterangan:

- + : Terasa
- : Tidak Terasa

Berdasarkan Tabel 13, seluruh formula sediaan serum tidak menimbulkan reaksi yang berarti terhadap 30 panelis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sediaan serum nanoemulsi kolagen ikan tilapia memiliki tingkat keamanan yang baik dan tidak menimbulkan reaksi iritasi pada kulit panelis selama periode pengamatan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh formula nanoemulsi kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) yang dihasilkan memenuhi syarat parameter sediaan nanoemulsi, seluruh formula serum nanoemulsi kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) yang dihasilkan memenuhi syarat evaluasi sediaan serum, dan seluruh formula serum nanoemulsi kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) tetap memenuhi persyaratan parameter stabilitas sediaan serum baik pada suhu ruang maupun suhu dingin selama 28 hari penyimpanan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar penelitian lanjutan mengenai pengujian efektivitas serum nanoemulsi kolagen ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*) sebagai anti-aging melalui uji in vivo pada hewan percobaan maupun uji klinis pada manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Gifari, M., Noval, & Audina, M. (2023). *Formulasi dan Uji Stabilitas Sediaan Serum Ekstrak Etanol Kulit Jeruk Nipis (Citrus aurantifolia L.) sebagai Anti Acne*. 1(5), 246–253.
- Amalia, T. R., Maulidya, V., & Sastyarina, Y. (2024). *Karakterisasi dan Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Stabilitas Ukuran Nanopartikel Ekstrak Bawang Dayak (Eleutherine americana Merr.) menggunakan Metode Gelasi Ionik*. 10(1), 68–73.
- Anggarini, D., Raharjeng, S. W., Safitri, C. I. N. H., & Pangestuti, Z. (2021). *Formulasi dan Evaluasi Serum Anti Jerawat Berbasis Minyak Atsiri Curcuma zedoaria*. 406–415.
- Asky, S., Rukaya, B. E., & Mustamin, F. (2022). *Uji Stabilitas Fisik Serum Anti-Aging Ekstrak Etal Asetat Daun Cempedak (Arthocarpus champeden Spreng.)*. 2(2), 50–58.
- Athallah, M. M., Nafisah, A., Adjeng, T., Andrifanie, F., Fitra, M., Sayoeti, W., Rahmasari, S., Ciptaningrum, R., & Widodo, A. R. (2024). *Nanoemulgel: Inovasi Terbaru dalam Penghantaran Obat secara Topikal dengan Teknologi Nano*. 2(6), 207–213.
- Bikiaris, R. E., Paczkowska, M., Kyzas, G. Z., Niti, A., & Koumentakou, I. (2025). *Bioactivity and Physicochemical Characterization of Centella Asiatica and Marigold Extract Serums: Antioxidant, Tyrosinase and Skin Barrier Function insights*. 47(June), 1070–1084. <https://doi.org/10.1111/ics.70006>
- Chaerunisaa, A. Y., Husni, P., & Murthadiah, F. A. (2020). *Modifikasi Viskositas Kappa Karagenan sebagai Gelling Agent Menggunakan Metode Ploymer Blend*. 12(2), 73–83.
- Hayati, R., Sari, R. I. P., & Merwanta, S. (2025). *Inovasi Formula Farmasi “Nanoteknologi dan Bahan Herbal”* (I. Zumarano & M. R. Alamsyah (eds.); 1st ed.). Nuansa Fajar Cemerlang.
- Iskandar, B., Dian, Z. P., & Renovita, F. (2021). *Formulasi dan Evaluasi Gel Lidah buaya (Aloe vera Linn) sebagai Pelembab Kulit dengan Penggunaan Carbopol sebagai Gelling Agent*. *Health Sciences and Pharmacy*, 5(1), 1–8.
- Liandhajani, Fitria, N., & Ratu, A. P. (2022). *Karakterisasi dan Stabilitas Sediaan serum Ekstrak Buah Kersen (Muntinga calabura L.) dengan Variasi Konsentrasi*. 7(1), 17–27.
- Lim, Y., Ok, Y., Hwang, S., Kwak, J., & Yoon, S. (2019). *Marine Collagen as A Promising Biomaterial for Biomedical Applications*. 17(467), 1–32.
- Liu, L., Abiol, K., Friest, M., & Fisher, K. (2023). *Synergistic Stabilization of Nanoemulsion Using Nonionic Surfactants and Salt-Sensitive Cellulose Nanocrystals*. *MDPI*, 15(4682), 1–14.
- Lukic, M., Ivana, P., & Savic, S. (2021). *Towards Optimal pH of the Skin and Topical Formulations: From the Current State of the Art to Tailored Products*. *Cosmetics*, 8(69), 1–18.
- Manurung, B. L., Monica, E., & Rollando. (2023). *Formulasi dan Evaluasi Antioksidan Daun Kelor Moringa oleifera L. dalam Sediaan Serum dengan Metode Senyawa Radikal DPPH*.
- Marzuki, N. H. C., Wahab, R. A., & Hamid, M. A. (2019). *An overview of nanoemulsion: Concepts of development and cosmeceutical applications*. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 33(1), 779–797. <https://doi.org/10.1080/13102818.2019.1620124>
- Mastropietro, D. J., Nimrooz, R., & Omidian, H. (2019). *Journal of Developing Drugs Rheology in Pharmaceutical Formulations-A Perspective*. 2(2), 2–7. <https://doi.org/10.4172/2329-6631.1000108>

- Mursyid, A. M., & Waris, R. (2021). Formulation and Evaluation of Pharmaceutically Stable Serum of *Duchesnea Indica* (Arbenan). *Universal Journal of Pharmaceutical Research*, 6(1), 38–42. <https://doi.org/10.22270/ujpr.v6i1.538>
- Mushtaq, A., Mohd, S., Malik, A. R., Gull, A., Ramniwas, S., Ahmad, G., Ercisli, S., Alina, R., Ullah, R., & Bari, A. (2023). Recent Insights into Nanoemulsions : Their Preparation, Properties and Applications. *Food Chemistry: X*, 18, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100684>
- Nurdianti, L., Setiawan, F., Rusdiana, T., Gozali, D., & Cahyati, K. I. (2023). *Physical and Chemical Evaluations of Topical Radiance Serum Containing Nanoemulsion Combination of Astaxanthin and Zeaxanthin: Design as Anti-Wrinkle and Skin-Brightening Serum*. 15(5), 1–6.
- Nurdianti, L., Tajmalah, A., Ruswanto, & Setiawan, F. (2022). *Optimasi dan Karakterisasi Nanoemulsi Buah Merah Papua (Pandanus conoideus) sebagai Pengikat Libido*. 5(3), 262–268.
- Nurleni, N., Firdiawan, A., Salsabila, A., & Amelia, K. (2023). Formulasi Sediaan Serum Asam Kojat dengan Variasi Gliserin sebagai Enhancer dan Evaluasi Stabilitas Fisika Waktu Sebenarnya. *Social Science Research*, 3(1), 611–617.
- Purwanti, R. A., Farida, Y., & Taurhesia, S. (2022). *Formulasi Sediaan Serum Anti Aging Kombinasi dari Ekstrak Buah Tomat (Lycopersicum esculentum L .) dan Ekstrak Kulit Buah Semangka (Citrullus lanatus Thunb.)*. 9(2), 19–24. <https://doi.org/10.33096/jffi.v9i2.864>
- Rachman, E. S., Soeratri, W., & Erawati, T. (2023). *Characteristics and Physical Stability of Nanoemulsion as a Vehicle for Anti-Aging Cosmetics : A Systematic Review*. 10(1), 62–85. <https://doi.org/10.20473/jfiki.v10i12023.62-85>
- Sasmiyandri, B., Samsul, E., & Indriyanti, N. (2019). *Efektivitas Serum Lidah Buaya (Aloe vera) terhadap Peningkatan Laju Pertumbuhan Rambut dan Sun Protection*. 81–85.
- Shaker, D. S., Ishak, R. A. H., Ghoneim, A., & Elhuoni, M. A. (2020). *Nanoemulsion : A Review on Mechanisms for the Transdermal Delivery of Hydrophobic and Hydrophilic Drugs*. <https://doi.org/10.3390/scipharm87030017>
- Tang, Z., He, Y., Zhang, J., Zhao, Z., Nie, Y., & Zhao, X. (2024). Study on the Structural Changes of Boneless Chicken Claw Collagen and Its Effect on Water Retention Performance. *Foods*, 13, 1–15.
- Veranita, W., & Permatasari, D. A. I. (2022). *Physical Evaluation of Nanoemulsion from Lemongrass Stem (Cymbopogon nardus L.)*. 4, 462–468.
- Wahid, H., Karim, S. F., & Sari, N. (2022). Formulasi Sediaan Krim Anti-aging dari Ekstrak Kolagen Limbah Sisik Ikan Bandeng (Chanos chanos) Formulation. *Sains Dan Kesehatan*, 4(4), 428–436.
- Wahyuningsih, E. S., Karmila, D., Safitri, D. A. A., & Fitriani, N. (2022). Review Artikel: Pemanfaatan Limbah Tulang Ayam sebagai Sumber Kolagen untuk Anti Aging pada Kulit. *Jurnal Buana Farma*, 2(1), 38–42.
- Wang, X., Anton, H., Thierry, V., & Anton, N. (2023). *Updated Insight Into the Characterization of Nano-Emulsions*. 20(1), 93–114.