Journal Pharmasci (Journal of Pharmacy and Science)
Vol. 11 No. 2, (Juli 2026), P-ISSN : 2527-6328, E-ISSN : 2549-3558

Pengaruh Variasi Asam Stearat terhadap Profil Fisikokimia Pengadukan *Nanostructured Lipid Carriers* Koenzim Q_{10}

Tridoso Sapto Agus Priyono[1*)], Lintang Bismantara[2], Ninik Mas Ulfa[3], Dian Nurmawati[1]
[1]Program Studi S1 Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Kadiri, Kediri, Jawa Tmur, Indonesia.
[2]Program Studi Profesi Apoteker, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Kadiri, Kediri, Jawa Tmur, Indonesia.
[3]Program Studi D3 Farmasi, Akademi Farmasi Surabaya, Jawa Tmur, Indonesia.
[*)]Email: tridoso@unik-kediri.ac.id

Submit : Juni 2026
Revisi : Juni 2026
Diterima : Juli 2026

ABSTRAK

Koenzim Q10 (CoQ10) memiliki aktivitas antioksidan kuat, namun efektivitas terapi dibatasi oleh karena kelarutan yang buruk, ukuran partikel yang besar, dan bioavailabilitas yang buruk, sehingga sulit diserap oleh tubuh dan mudah rusak oleh faktor lingkungan. Salah satu cara dengan *Nanostructured Lipid Carriers* (NLC) yang memiliki kemampuan meningkatkan kelarutan, stabilitas dan bioavailabilitas di mana konsentrasi lipid padat seperti asam stearat memegang peran kunci karena rantai karbon panjangnya membentuk matriks kristal tidak sempurna yang melipatgandakan kapasitas penjeratan bahan aktif, mencegah hilangnya obat selama penyimpanan, serta meningkatkan penetrasi topikal melalui efek oklusi pada kulit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi asam stearat terhadap ukuran partikel dan karakteristik fisikokimia NLC CoQ10. Metode pembuatan NLC dengan emulsifikasi dan *high-shear homogenization*, kemudian karakterisasi meliputi organoleptis, homogenitas, pH, daya sebar, ukuran partikel dan indeks polidispersitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam stearat secara signifikan berpengaruh pada profil fisikokimia dan ukuran partikel. Formula dengan konsentrasi asam stearat optimal menghasilkan ukuran partikel skala nanometer dengan indeks polidispersitas yang homogen. Disimpulkan bahwa variasi konsentrasi asam stearat berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisik NLC CoQ10, dan konsentrasi yang tepat dapat menghasilkan sistem penghantaran nano yang stabil untuk aplikasi topikal.

Kata Kunci: *Nanostructured Lipid Carriers*, Asam stearat, Koenzim Q10, Karakteristik fisikokimia; Ukuran partikel.

The Effect of Stearic Acid Variation on the Physicochemical Profile of Coenzyme Q10 Nanostructured Lipid Carriers

ABSTRACT

Coenzyme Q10 (CoQ10) possesses potent antioxidant activity; however, its therapeutic efficacy is limited by poor solubility, large particle size, and low bioavailability, which lead to poor bodily absorption and high susceptibility to environmental degradation. To address these limitations, Nanostructured Lipid Carriers (NLC) are utilized due to their ability to enhance solubility, stability, and bioavailability. Within this system, the concentration of solid lipids, such as stearic acid, plays a pivotal role; its long carbon chain forms an imperfect crystalline matrix that multiplies drug entrapment capacity, prevents drug expulsion during storage, and enhances topical penetration via a skin-occlusive effect. This study aims to investigate the effect of varying stearic acid concentrations on the particle size and physicochemical characteristics of CoQ10-loaded NLCs. The NLCs were prepared using the emulsification and high-shear homogenization method, followed by characterization encompassing organoleptic properties, homogeneity, pH, spreadability, particle size, and polydispersity index. The results demonstrated that increasing the stearic acid concentration significantly influenced both the physicochemical profile and particle size. The formula with the optimal stearic acid concentration yielded nanometer-scale particle sizes with a homogenous polydispersity index. In conclusion, variations in stearic acid concentration exert a significant effect on the physical characteristics of CoQ10 NLCs, and an appropriate concentration can produce a stable nano-delivery system for topical application.

Keywords: *Nanostructured Lipid Carriers, Stearic Acid, Coenzyme Q10, Physicochemical Characteristics, Particle Size*.

1. PENDAHULUAN

Koenzim Q10 (CoQ10) merupakan antioksidan endogen yang berperan dalam mempertahankan keseimbangan oksidatif seluler dan melindungi membran lipid dari kerusakan akibat radikal bebas Peran Koenzim Q10 (CoQ10) dimana memiliki fungsi sebagai protektor terhadap membran lipid dari reaksi oksidatif (1). Penggunaan CoQ10 secara aplikasi topikal dalam bidang dermatologi dan kosmetik, berpotensi untuk mencegah terjadinya penuaan dini pada kulit yang disebabkan oleh paparan sinar ultraviolet (UV) (2). Namun, efektivitas terapi penggunaan CoQ10 sangat dibatasi oleh sifat fisikokimianya dimana memiliki lipofilisitas yang tinggi menyebabkan CoQ10 memiliki kelarutan air yang rendah dan kemampuan difusi melalui lapisan kulit yang terbatas (3). Hal ini menyebabkan CoQ10 menjadi bermasalah dalam kelarutan dengan permeabilitas pada topikal yang buruk, sehingga menjadikan CoQ10 memiliki sensitivitas terhadap faktor lingkungan seperti cahaya dan suhu yang dapat mempercepat proses degradasi oksidatif (4). Oleh sebab itu diperlukan strategi untuk mengatasi permasalahan terkait keterbatasan penetrasi dan stabilitas CoQ10 yang salah satunya menggunakan teknologi nano yang mampu membantu penghantaran bahan aktif menembus sawar kulit secara efektif (5).

Sistem *Nanostructured Lipid Carriers* (NLC) menjadi salah satu strategi penghantaran yang paling menjanjikan karena mengintegrasikan kombinasi dapat meningkatkan kapasitas pemuatan bahan aktif dan mengurangi kemungkinan terjadinya expulsion selama penyimpanan bahan aktif selama masa penyimpanan (7). Keberhasilan dalam menghasilkan sediaan NLC yang memiliki karakteristik fisikokimia serta stabilitas optimal sangat dipengaruhi oleh ketepatan pemilihan jenis dan rasio perbandingan matriks lipid, khususnya pada komponen lipid padat (8). Karakteristik lipofilik CoQ10 memungkinkan interaksi yang baik dengan matriks lipid berbasis asam stearat sehingga berpotensi meningkatkan kapasitas enkapsulasi, Asam

stearat merupakan lipid padat berantai panjang (C18) yang kerap kali menjadi prioritas utama dalam formulasi nanopartikel karena memiliki sifat biokompatibel yang baik, tidak toksik bagi jaringan kulit, serta mempunyai titik lebur spesifik di atas suhu tubuh manusia (sekitar 69°C) sehingga mampu menjaga rigiditas serta integritas struktural nano-matriks (9).

Meskipun asam stearat mampu membentuk matriks lipid yang kokoh, konsentrasi lipid yang digunakan memiliki pengaruh kritis terhadap parameter fisikokimia akhir dari sediaan *Nanostructured Lipid Carriers* (NLC) (10). Peningkatan kadar lipid padat yang terlalu tinggi dilaporkan dapat memicu pertumbuhan ukuran partikel secara signifikan dan meningkatkan viskositas sistem, yang pada gilirannya dapat menurunkan kapasitas daya sebar sediaan serta menghambat fluks penetrasi transdermal maupun topical (11). Sebaliknya, jika konsentrasi lipid padat berada di bawah batas minimum, efisiensi penjerapan (*entrapment efficiency*) CoQ10 menjadi tidak optimal dan stabilitas fisik sediaan selama penyimpanan akan menurun akibat risiko pemisahan fase (6). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi asam stearat 2,5%; 3,5%; dan 4,5% terhadap ukuran partikel, indeks polidisperitas serta profil fisikokimia organoleptis, homogenitas, pH, daya sebar, dan indeks polidispersitas dari sistem NLC Koenzim Q10 guna mendapatkan formula sistem penghantaran topikal yang memiliki karakteristik fisik yang optimal.

2. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian kali ini meliputi, neraca analitik (ACIS AD-300i), beaker glass (Pyrex), magnetic stirrer (Pyrex) dan hot plate (Pyrex), batang pengaduk (Pyrex), cawan porselein (Pyrex), sendok steanless (Pyrex), dan Ultra-turax.

Bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini meliputi, koenzim Q10 (Kangcare, Nanjing-China), tween 80, span 80 (Croda, Yorkshine-United), PEG40 Hydrogenate Castor Oil (HCO) (Clariant, Mutierz-Switzerland), asam stearat, caprylic, dapar phosphate, aquadest.

Pembuatan

Berikut tersajikan formulasi Sediaan NLC dalam berbagai konsentrasi asam stearate.

Tabel 1. Formulasi Sediaan NCL dalam Berbagai konsentrasi Asam Stearat

Bahan	Formula (%)		
	1	**2**	**3**
Koenzim Q10	1	1	1
Tween 80	8	8	8
Span 80	12	12	12
PEG-40 HCO	10	10	10
Asam Stearat	2,5	3,5	4,5
Caprylic	7	7	7
Dapar phosphate 6,0 ± 0,2	100	100	100

Formula NLC dibuat dengan cara melebur lipid padat dan lipid cair di suhu (70°±5°C) memakai hot plate. Campuran fase lipid kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer menggunakan kecepatan 1000 rpm selama 10 menit pada suhu (70°±5°C). Koenzim Q10 adalah

bahan aktif yang ditambahkan ke dalam campuran lipid dan kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 1000 rpm selama 10 menit dengan pada suhu (50°±5°C) sehingga dapat larut dengan tepat. Kemudian campuran surfaktan tween 80, span 80 dan PEG 40 HCO dicampur, lalu ditambahkan kedalam campuran serta diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 1000 rpm selama 10 menit dengan suhu (50°±5°C). Fase air dibuat dengan cara memanaskan dapar phosphate pH 6,0±0,2 pada suhu 60 ^{o}C, lalu ditambahakan sedikit demi sedikit, lalu dicampur dengan *high shear homogenizer ultra-turax* kecepatan 6000 rpm selama 10 menit.

Uji Karakteristik Fisik Sediaan

Formula *Nanostructured Lipid Carier* (NLC) akan dilakukan pengujian terhadap karakteristik fisik sediaan. Metode pengujian tersebut antara lain yaitu organoleptik, homogenitas, pH, daya sebar, ukuran partikel dan indeks polidispersitas.

- **Pengujian organoleptik.** Mengamati bentuk dan viskositas sediaan berbagai formula secara visual. Kemudian dilihat warna sediaan di bawah pencahayaan yang cukup. Cium bau yang dihasilkan secara langsung untuk mendeteksi apakah sediaan memiliki aroma khas lipid atau mengalami ketengikan
- **Pengujian homogenitas.** Ambil sedikit sampel masing-masing formula. Oleskan sampel secara merata di atas permukaan *object glass*. Katupkan dengan *object glass* lainnya kemudian amati langsung kondisi fisik sediaan di bawah pencahayaan yang cukup
- **Pengujian daya sebar.** Uji ini dilakukan dengan cara meletakkan sediaan sebanyak 1 gram di atas alas kaca, kemudian ditutup dengan *cover glass*. Kemudian letakkan anak timbangan berskala 50 gram kemudian ditunggu selama 1 menit. Hal yang sama dilakukan untuk anak timbang dengan skala 100 gram, 150 gram dan 200 gram. Catat diameter daya sebar yang dihasilkan setelah meletakkan anak timbangan setiap skala yang berbeda.
- **Pengujian pH**. Pemeriksaan ini menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan standar buffer 4,7 dan 9. Timbang sebanyak 1 gram masing-masing formula, kemudian dilarutkan dalam 50 ml akuades dalam beaker glass. Elektroda kemudian dicelupkan dalam beaker glass selama 10 menit sampai menunjukkan angka yang konstan. pH produk sediaan kulit sebaiknya dibuat sesuai dengan pH kulit dengan rentang 5-7 (12).
- **Pemeriksaan ukuran partikel dan indeks polidispersitas.** Pengukuran ini menggunakan alat *Particle Size Analyzer* (PSA). Tahap pertama yaitu dilakukan pengenceran sediaan. Sampel masing masing formula ditimbang 50 mg kemudian ditambahkan aquadest 50 ml kemudian dilakukan pengadukan dengan magnetic stirrer 500 rpm selama 10 menit. Setelah itu, 2 mL larutan diambil lalu ditambahkan aquadest 8 mL kemudian dilakukan pengadukan dengan magnetic stirrer 500 rpm selama 10 menit. Sampel yang telah diencerkan dimasukkan ke dalam kuvet kemudian kuvet dimasukkan ke dalam *sampel holder*. Alat dinyalakan dan pilih menu *particle size*. Data yang diamati adalah ukuran partikel dan indeks polidispersitas.

Analisa Data

Pada uji organoleptis dan uji homogenitas akan dilakukan pengamatan secara visual dan dilakukan analisa deskriptif. Pada uji daya sebar, pH, ukuran partikel dan indeks polidisperitas dilakukan pengukuran menggunakan alat kemudian dilakukan analisa statistik menggunakan SPSS 26. Uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* dilanjutkan analisa *Anova one way* untuk mengetahui perbedaan antar nilai dalam satu formula dilanjutkan uji *post hoc tukey* untuk mengetahui perbedaan antar formula dengan *p-value* > 0,05 maka data berbeda tidak bermakna, tetapi jika *p-value* < 0,05 maka data dinyatakan berbeda bermakna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Organoleptis

Evaluasi organoleptis merupakan langkah awal dalam uji mutu fisik sediaan NLC. Pengujian dilakukan secara makroskopis untuk mengamati parameter fisik sediaan yang terdiri dari bentuk, warna, bau dan viskositas. Penilaian karakteristik organoleptis berkolerasi langsung terhadap aspek estetika produk yang menentukan tingkat *acceptability* saat diaplikasikan secara topikal. Berikut tersaji hasil pengamatan organoleptis sediaan NLC.

Tabel 2. Hasil Uji Organoleptis Sediaan NLC dalam berbagai Formula

No	Formula	Organoleptis		
		Bentuk	Warna	Bau
1	2,5%	Semi Padat	Orange	Khas lipid
2	3,5%	Semi Padat	Orange	Khas lipid
3	4,5%	Semi Padat	Orange Pekat	Khas lipid

Berdasarkan data pada Tabel 2, secara umum tersimpulkan bahwa sediaan NLC dalam berbagai formula stabilitas organoleptis yang baik dengan bentuk semi padat dan bau khas lilin. Namun, peningkatan kadar asam stearat memberikan pengaruh terhadap intensitas warna. Perubahan fisik ini terjadi karena peningkatan jumlah lipid padat di dalam sediaan. Semakin banyak asam stearat yang ditambahkan, struktur internal sediaan menjadi semakin rapat, sehingga teksturnya lebih kaku, dan warnanya tampak lebih pekat (13). Secara keseluruhan, karakteristik formula 2,5% dan 3,5% dinilai paling ideal karena memiliki konstituen yang nyaman dan lebih mudah dioleskan pada kulit.

Homogenitas

Evaluasi homogenitas digunakan untuk menjamin konsistensi kualitas fisik sediaan NLC. Parameter homogenitas untuk memastikan bahwa seluruh komponen fase lipid dan fase air telah terdispersi secara merata tanpa adanya agregat partikel kasar. Penilaian homogenitas penting karena berkolerasi langsung dengan ketepatan dosis zat aktif, aspek estetika produk, serta

kenyamanan saat sediaan diaplikasikan secara topikal. Berikut tersaji hasil uji homogenitas sediaan NLC.

Tabel 3. Hasil Pengamatan secara visual Sediaan NLC dalam berbagai Formula

No	Formula	Pengamatan Visual	Kesimpulan
1	2,5%	Susunan homogen dan tidak ada partikel kasar	Homogen
2	3,5%	Susunan homogen dan tidak ada partikel kasar	Homogen
3	4,5%	Susunan homogen dan tidak ada partikel kasar	Homogen

Berdasarkan hasil pengamatan visual pada Tabel 2, semua sediaan NLC dengan variasi konsentrasi asam stearat menunjukkan susunan yang seragam dan tidak ada partikel kasar. Hal ini menunjukkan bahwa metode pencampuran dan teknik homogenisasi mampu mendistribusikan fase lipid padat dan lipid cair ke dalam fase air. Kenaikan kadar asam stearat tidak mengganggu integrasi komponen di dalam sediaan (7).

Kondisi fisik ini sangat dipengaruhi oleh efektivitas surfaktan dalam menurunkan tegangan antarmuka dan menyelimuti droplet lipid selama proses emulsi. Penyelimutan yang sempurna berhasil mencegah terjadinya *coalescence*. Karakteristik yang seragam menjamin ketepatan dosis zat aktif pada setiap pemakaian, memastikan stabilitas fisik sistem pembawa, serta meningkatkan kenyamanan pengguna (14).

Nilai Daya Sebar Sediaan NLC

Pengujian daya sebar merupakan parameter fisik untuk evaluasi karakteristik rheologi sediaan NLC. Kemampuan menyebar yang optimal sangat menentukan kenyamanan penggunaan sediaan saat diaplikasikan secara topikal. Luas area penyebaran berbanding lurus dengan distribusi zat aktif yang tersebar merata, sehingga dapat mengoptimalkan penetrasi dan efektivitas terapi. Berikut tersaji data daya sebar sediaan NLC dalam berbagai formula.

Tabel 3. Nilai Daya Sebar Sediaan NLC dalam berbagai Formula

No.	Formula	Nilai Rata-rata Daya Sebar (g)				
		0	50	100	150	200
1	2,5%	5,57	6,16	6,23	6,30	6,37
2	3,5%	4,89	5,10	5,12	5,34	5,72
3	4,5%	4,83	5,07	5,12	5,34	5,47

Berdasarkan data pada Tabel 3, peningkatan beban secara konsisten memperluas area sebar pada ketiga formula NLC. Namun, variasi konsentrasi asam stearat menunjukkan pengaruh yang berbanding terbalik terhadap kemampuan menyebar sediaan. Hasil Analisa statistik mengenai normalitas data menunjukan bahwa data terdistribusi normal dengan nilai > 0,05. Uji

lanjutan *anova one way* diperoleh nilai sig. 0,00 < 0,05 yang berarti ada beda bermakna, oleh sebab itu dilakukan uji *post hoc tukey* diperoleh hasil formula 2,5% memiliki nilai perbedaan rata rata yang signifikan bila dibandingkan formula 3,5% dan 4,5%. Formula 2,5% menghasilkan nilai rata-rata daya sebar tertinggi, sedangkan peningkatan konsentrasi asam stearat secara signifikan menurunkan diameter daya sebar sediaan.

Penurunan daya sebar berkolerasi langsung dengan peningkatan viskositas sediaan NLC. Semakin tinggi konsentrasi asam stearat, maka struktur matriks pembawa akan menjadi semakin rapat dan kaku, sehingga resistensi sediaan terhadap *shear stress* menjadi meningkat. Hal ini menyebabkan sediaan menjadi semi-padat dan sulit mengalir. Secara aplikabilitas topikal, Formula 2,5% memiliki karakteristik rheologi yang paling ideal. Daya sebar yang luas dan optimal sangat menguntungkan karena dapat menjamin distribusi partikel yang homogen, sehingga dapat meningkatkan kenyamanan serta memaksimalkan area kontak untuk penetrasi zat aktif.

Nilai pH Sediaan NLC

Evaluasi nilai pH merupakan salah satu parameter stabilitas kimia dalam formulasi sediaan NLC. Pengukuran pH dilakukan untuk memastikan tingkat keasaman sediaan berada dalam rentang pH kulit manusia supaya tidak beresiko iritasi kulit. Selain menjamin keamanan penggunaan, kesesuaian nilai pH berperan dalam menjaga stabilitas zat aktif dan integritas matriks lipid selama penyimpanan. Berikut ditampilkan hasil pengukuran pH sediaan NLC dalam berbagai formulasi.

Tabel 4 Nilai pH Sediaan NLC dalam berbagai Formula.

No	Formula	pH	pH Kulit
1	2,5%	5,75 ± 0,04	
2	3,5%	5,95 ± 0,01	4,5-6,5
3	4,5%	6,13 ± 0,04	

Hasil uji pengukuran pH memberikan gambaran bahwa peningkatan kadar asam stearat menyebabkan kenaikan nilai pH sediaan NLC. Peningkatan keasaman ini disebabkan penurunan fraksi air dan peningkatan matriks lipid padat, sehingga konsentrasi ion hidrogen bebas di fase eksternal mengalami penurunan (14). Secara aspek biologis, seluruh formula memenuhi kriteria sesuai dengan standar pH kulit manusia yaitu 4,5–6,5. Hasil analisa statistik mengenai normalitas data menunjukan bahwa data terdistribusi normal dengan nilai > 0,05. Uji lanjutan *anova one way* diperoleh nilai sig. 0,00 < 0,05 yang berarti ada beda bermakna, oleh sebab itu dilakukan uji *post hoc tukey* diperoleh hasil tiga formula memiliki nilai perbedaan rata rata yang signifikan,

namun masih memenuhirentang persyaratan pH sediaan. Hasil uji menunjukkan bahwa formula 2,5% merupakan sediaan yang mendekati titik isoelektrik kulit normal sehingga bisa menjadi rekomendasi pengembangan produk. Penyesuaian nilai keasaman sediaan NLC dengan pH kulit berguna untuk menghindari risiko iritasi, eritema, ataupun kekeringan pada jaringan epidermal saat diaplikasikan secara topical (14).

Kesesuaian nilai keasaman sediaan NLC dengan pH kulit berkontribusi dalam menjaga perlindungan asam sebagai pertahanan alami tubuh terhadap infeksi mikroba. Stabilitas nilai pH sangat penting untuk mencegah terjadinya dekomposisi kimia sediaan selama masa penyimpanan. Evaluasi parameter nilai pH membuktikan bahwa NLC dengan basis asam stearat memiliki biokompatibilitas yang tinggi terhadap jaringan kulit (11).

Ukuran partikel dan Indek Polidiperitas

Ukuran partikel dan indeks polidispersitas merupakan parameter fisik yang digunakan untuk menentukan efektivitas sistem penghantaran NLC. Ukuran partikel nano diperlukan untuk membantu penetrasi zat aktif melewati *stratum korneum*, sementara indeks polidispersitas menggambarkan homogenitas distribusi ukuran partikel di NLC. Evaluasi dilakukan untuk menjamin stabilitas fisik sediaan selama penyimpanan serta memastikan pelepasan zat aktif yang konstan saat diaplikasikan pada kulit. Berikut Tabel 5 terkait ukuran partikel dan indeks polidispersitas.

Tabel 5. Ukuran partikel dan nilai indek polidisperitas

No	Formula	Ukuran Partikel (nm)	Indek Polidisperitas
1	2,5%	277,94 ± 0,035	0,281± 0,003
2	3,5%	297,93 ± 0,120	0,395 ± 0,060
3	4,5%	315,85 ± 0,097	0,508 ± 0,092

Data pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kadar asam stearat dari 2,5% hingga 4,5% menunjukkan kecenderungan peningkatan ukuran partikel NLC. Formula 2,5% memberikan hasil diameter 277,94 ± 0,035 nm, sedangkan formula 4,5% diameter rata-rata 315,85 ± 0,097 nm. Tingginya konsentrasi lipid padat menunjukkan kecenderungan dengan homogenitas sediaan, sehingga menurunkan efisiensi pemecahan droplet dan memicu terbentuknya ukuran partikel (15). Hal ini menegaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi lipid padat, maka ukuran diameter partikel semakin besar.

Variasi kadar asam stearat menunjukkan kecenderungan terjadi peningkatan nilai indek polidisperitas dengan hasil 0,281 ± 0,003 menjadi 0,508 ± 0,092. Kenaikan PDI pada konsentrasi

lipid yang tinggi mengindikasikan distribusi ukuran partikel heterogen. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan kapasitas surfaktan sehingga memicu agregasi partikel saat sediaan dingin.

Evaluasi terkait ukuran partikel dan indek polidisperitas memberikan hasil analisa statistik mengenai normalitas data menunjukan bahwa data terdistribusi normal dengan nilai > 0,05. Uji lanjutan *anova one way* diperoleh nilai sig. 0,00 < 0,05 yang berarti ada beda bermakna, oleh sebab itu dilakukan uji *post hoc tukey* dengan hasil bahwa asam stearat 2,5% ditetapkan sebagai formula paling optimal karena memenuhi kriteria ideal sistem penghantaran nano. Karakteristik ukuran partikel Formula 2,5% berada di bawah kisaran standar 300 nm dengan nilai PDI < 0,3 (0,281), yang menandakan sediaan memiliki tingkat keseragaman ukuran yang sangat baik serta stabilitas jangka panjang yang tinggi terhadap risiko sedimentasi atau pemisahan fase. pemanfaatan nanoparticles berbasis asam stearat, sediaan dengan karakteristik nano yang homogen sangat krusial untuk aplikasi topikal guna menjamin efektivitas penetrasi zat aktif melewati stratum korneum serta memastikan pelepasan obat yang konstan. Sebaliknya, sediaan dengan nilai PDI melebihi 0,5 seperti pada Formula 3 kurang direkomendasikan karena rentan mengalami ketidakstabilan fisik selama masa penyimpanan (14).

4. KESIMPULAN

Variasi konsentrasi asam stearat yang terdiri dari 2,5%, 3,5%, dan 4,5% memberikan hasil yang berpengaruh signifikan (p < 0,05) terhadap daya sebar, pH dan ukuran partikel sediaan *Nanostructured Lipid Carriers* (NLC) Dimana formula asam stearat 2,5% memberikan hasil sediaan paling optimal yang memenuhi syarat fisikokimia yaitu sediaan tersebut homogen dimana pH 5,75 dengan daya sebar 6,23 cm dan ukuran partikel 277,94 ± 0,035 nm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar besarnya kepada Universitas Kadir atas izin pelaksanaan penelitian, serta Laboratorium Teknologi Farmasi Fakultas Ilmu Kesehatan Program Studi Farmasi atas bantuan dalam pengambilan data dan pelaksanaan penelitian.

6. PENDANAAN

Penelitian ini tidak didanai oleh sumber hibah manapun.

7. KONFLIK KEPENTINGAN

Seluruh penulis menyatakan tidak terdapat potensi konflik kepentingan dengan penelitian, kepenulisan (*authorship*), dan atau publikasi artikel ini.

8. DAFTAR PUSTAKA

1. Gonz P. Metabolic Targets of Coenzyme Q10 in Mitochondria. 2021;1–15.
2. Knott A, Smuda C, Sperling G, Vogelsang A, Schwengler H, Kristof S, et al. Topical treatment with coenzyme Q10-containing formulas improves skin ' s Q10 level and provides antioxidative effects. 2015;(July):383–90.
3. Zaki NM, Zaki NM. Strategies for oral delivery and mitochondrial targeting of CoQ10. 2016;7544.
4. Nina D, Danina K, Jela M, Alfred F, Howard M. measurements ce pt us cr t [Internet]. Vol. 0, Drug Development and Industrial Pharmacy. Taylor & Francis; 2018. 000. Available from: http://dx.doi.org/10.1080/03639045.2018.1515220
5. Shoviantari F, Erawati T, Soeratri W. Skin Penetration of Coenzyme Q10 in Nanostructure Lipid Carriers Using Olive Oil and Cetyl Palmitate. 2017;9(2):142–5.
6. Elmowafy M, Al-sanea MM. Nanostructured lipid carriers (NLCs) as drug delivery platform : Advances in formulation and delivery strategies. Saudi Pharm J [Internet]. 2021;29(9):999–1012. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jsps.2021.07.015
7. Id IC, Yasir M, Verma M, Singh AP. Nanostructured Lipid Carriers : A Groundbreaking Approach for Transdermal Drug Delivery. Tabriz Univ Med Sci [Internet]. 2020;10(2):150–65. Available from: https://doi.org/10.34172/apb.2020.021
8. Khan S, Baboota S, Ali J, Khan S, Narang RS, Narang JK. Nanostructured lipid carriers : An emerging platform for improving oral bioavailability of lipophilic drugs. 2015;
9. Kumari M, Gohil D, Sadhu P. Next Nanotechnology Nanostructured lipid carriers for topical drug delivery : A comprehensive review of design , mechanisms , and therapeutic advances. Next Nanotechnol [Internet]. 2026;9(January):100367. Available from: https://doi.org/10.1016/j.nxnano.2026.100367
10. Gonçalves J, Sarraguça M. Therapeutic Liquid Eutectic Solvents in Lipid Nanoparticles as Drug Vehicles — A Proof of Concept. 2023;
11. Fitriani EW, Avanti C, Rosana Y, Surini S. Nanostructured lipid carriers : A prospective dermal drug delivery system for natural active ingredients. 2024;1–15.
12. Utami SWP. PENGARUH KOMPOSISI CAPRYLIC TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK NANOSTRUCTURED LIPID CARIER (NLC) KOENZIM Q10. Dr Diss Akad Farm Surabaya. 2022;
13. Badmus JA, Oyelami KO, Adedeji AL, Adedosu OT, Bolarinwa IF, Marnewick JL. Comparative study of physicochemical properties, fatty acid composition, antioxidant and toxicological potential of Citrullus lanatus and Citrullus colocynthis seeds oils. South African J Bot [Internet]. 2021;142:156–64. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629921002349
14. Pereira-leite C, Bom M, Ribeiro A, Almeida C. Exploring Stearic-Acid-Based Nanoparticles for Skin Applications — Focusing on Stability and Cosmetic Benefits. 2023;1–15.
15. Apostolou M, Assi S, Fatokun AA, Khan I. The Effects of Solid and Liquid Lipids on the Physicochemical Properties of Nanostructured Lipid Carriers. J Pharm Sci [Internet]. 2021; Available from: https://doi.org/10.1016/j.xphs.2021.04.012