

OPTIMASI FORMULA SERUM NANOEMULSI EKSTRAK KULIT BUAH MAHKOTA DEWA DENGAN PENDEKATAN *SIMPLEX LATTICE DESIGN*

**Rizzqi Septiprajaamalia Rosdianto^{*}, Mutiara Imansari, Dwi Larasati Setyaningrum,
Azkya Nurliza Azhari, Ridwan Mu'zizat**

Program Studi Sarjana Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Bandung

*Email: rizzqisepti@umbandung.ac.id

Received: 12/11/2025 Revised: 06/01/2026 Accepted: 13/01/2026 Published: 28/02/2026

ABSTRAK

Kulit buah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*) mengandung senyawa flavonoid dan fenolik yang berperan sebagai antioksidan alami. Potensi ini mendorong pengembangan sediaan topikal dalam bentuk serum nanoemulsi untuk aplikasi kosmetik anti-aging. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi formula serum nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa menggunakan rancangan *Simplex Lattice Design* (SLD). Komponen utama formula nanoemulsi meliputi sunflower oil sebagai fase minyak, Cremophor RH 40 sebagai surfaktan dan PEG 400 sebagai ko-surfaktan. Parameter evaluasi yang dianalisis adalah ukuran droplet, *Polydispersity Index* (PDI) dan zeta potensial sebagai indikasi stabilitas sistem. Hasil optimasi menunjukkan bahwa formula optimum mampu menghasilkan ukuran droplet rata-rata $25,83 \text{ nm} \pm 0,83 \text{ nm}$ dan indeks polidispersitas $0,48 \pm 0,10$ serta nilai zeta potensial $-7,83 \text{ mV} \pm 1,00 \text{ mV}$. Penerapan rancangan SLD terbukti efektif dalam menentukan kombinasi komponen yang optimal sehingga diperoleh sediaan serum nanoemulsi yang stabil dan berpotensi dikembangkan sebagai produk kosmetik antioksidan berbasis bahan alam.

Kata kunci : Mahkota Dewa, Nanoemulsi, Serum, *Simplex Lattice Design*, Optimasi

ABSTRACT

The God's crown fruit peel (*Phaleria macrocarpa*) contains flavonoid and phenolic compounds that act as natural antioxidants. This potential has encouraged the development of topical preparations in the form of nanoemulsion serum for anti-aging cosmetic applications. This study aims to optimize the formula of nanoemulsion serum extracted from crown of glory fruit peel using *Simplex Lattice Design* (SLD). The main components of the nanoemulsion formula include sunflower oil as the oil phase, Cremophor RH 40 as the surfactant, and PEG 400 as the co-surfactant. The evaluation parameters analyzed were droplet size, polydispersity index (PDI), and zeta potential as indicators of system stability. The optimization results showed that the optimal formula was able to produces droplet sizes of $25.83 \text{ nm} \pm 0,83 \text{ nm}$, polydispersity index of 0.48 ± 0.10 and zeta potential value of $-7.83 \text{ mV} \pm 1.00 \text{ mV}$. The application of the SLD proved effective in determining the optimal combination of components, resulting in a stable nanoemulsion serum formulation with the potential to be eveloped as a natural antioxidant-based cosmetic product.

Keywords: The God's Crown, Nanoemulsion, Serum, *Simplex Lattice Design*, Optimization

PENDAHULUAN

Formulasi nanoemulsi berbasis bahan alam berkembang luas dalam bidang farmasi dan kosmetik karena mampu meningkatkan kelarutan, kestabilan, dan ketersediaan hayati senyawa aktif yang sulit larut dalam air(Elsewedy, 2025; Helsawati *et al.*, 2024). Sistem dispersi berukuran nanometer ini memungkinkan pengaturan karakteristik fisik seperti ukuran droplet, indeks polidispersitas (PDI), dan zeta potensial agar sesuai dengan kebutuhan sediaan topikal maupun oral (Németh *et al.*, 2022; Sarheed *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pengembangan nanoemulsi yang stabil dan reproducible memerlukan pendekatan perancangan formula yang sistematis dan terukur(Chairunisa *et al.*, 2022; Nurdianti *et al.*, 2021).

Serum nanoemulsi menawarkan keuntungan tambahan berupa viskositas rendah yang memudahkan pengaplikasian dan penyebaran merata di permukaan kulit, sekaligus memfasilitasi penetrasi bahan aktif ke dalam pori-pori(Elsewedy, 2025; Nurdianti *et al.*, 2021). Ukuran droplet yang sangat kecil (0,1–100 nm), area permukaan yang luas, dan stabilitas termodinamika yang baik berkontribusi terhadap peningkatan bioavailabilitas senyawa aktif serta menurunkan risiko pemisahan fase selama penyimpanan (Elsewedy, 2025; Sun *et al.*,

2024). Dalam konteks pemanfaatan bahan alam lokal, ekstrak kulit buah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*) berpotensi diformulasikan dalam bentuk serum nanoemulsi sebagai sediaan farmasi herbal bernilai tambah (Ahmad *et al.*, 2023; Hasim *et al.*, 2022).

Untuk memperoleh karakteristik fisik nanoemulsi yang optimal, komposisi fase minyak, surfaktan, dan ko-surfaktan perlu dioptimasi menggunakan rancangan eksperimental yang tepat. Pendekatan *Simplex Lattice Design* (SLD) sebagai bagian dari konsep *Design of Experiments* (DoE) memungkinkan evaluasi pengaruh variasi proporsi komponen utama terhadap beberapa respon sekaligus, seperti ukuran droplet, PDI, dan zeta potensial, secara efisien (Chairunisa *et al.*, 2022; Lutfiani Fayakun & Prihantini, 2023). Metode ini telah diaplikasikan pada berbagai formulasi nanoemulsi dan serum berbasis bahan alam, dan terbukti efektif dalam menentukan kombinasi komposisi yang menghasilkan stabilitas fisik dan performa sediaan yang optimal (Helsawati *et al.*, 2024; Nurdianti *et al.*, 2021).

Pengembangan formulasi serum nanoemulsi menjadi alternatif yang menjanjikan karena karakteristik viskositas rendah yang memudahkan aplikasi dan penetrasi bahan aktif ke dalam pori-pori

kulit. Berbagai formulasi serum berbasis ekstrak tanaman dilaporkan stabil dan dapat diterima secara fisik pada konsentrasi ekstrak 10 – 30% serta tetap menunjukkan aktivitas biologis yang diharapkan. Sehingga dalam penelitian ini konsentrasi tersebut digunakan dengan pertimbangan masih berada dalam rentang wajar untuk formula serum topikal berbasis bahan alam (Anggita & Nurhayati, 2024).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengembangkan sediaan topikal dari ekstrak buah mahkota dewa, seperti masker gel *peel-off*, krim, tablet hisap, maupun sediaan lain dengan pendekatan *Simplex Lattice Design*, namun seluruhnya menggunakan bagian buah dan biji buah, belum secara spesifik mengkaji pemanfaatan kulit buah sebagai sumber antioksidan serta optimasi serum nanoemulsi untuk aplikasi anti-aging (Hidayati & Widhiastuti, 2019). Pendekatan *Simplex Lattice Design* (SLD) yang berbasis konsep *Design of Experiments* (DoE) digunakan untuk mengoptimasi proporsi komponen formula nanoemulsi secara efisien dengan tujuan mendapatkan kombinasi terbaik yang memberikan stabilitas dan karakteristik fisik optimal, seperti ukuran droplet, PDI dan zeta potensial (Chairunisa *et al.*, 2022; Lutfiani Fayakun & Prihantini, 2023). Metode ini memungkinkan pengembangan formula serum nanoemulsi

ekstrak kulit buah mahkota dewa yang stabil, efisien dan siap untuk aplikasi kosmetik berbahan alam (Ahmad *et al.*, 2023; Nurdianti *et al.*, 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan penelitian ini adalah mengoptimasi formula serum nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa menggunakan rancangan *Simplex Lattice Design* (SLD) untuk memperoleh kombinasi fase minyak, surfaktan, dan ko-surfaktan yang menghasilkan ukuran droplet, PDI, dan zeta potensial yang memenuhi kriteria stabilitas fisik sediaan serum topikal.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Food Dehydrator (Maksindo), *Rotary Evaporator* (Buchi-Rotavapor R2), *Moisture Analyzer* (Aczet), *Hotplate stirer* (B-One), Sonikator (JT Sonic), Spektrofotometer UV-Visible (T60-PG-Instrumen), *Particle Size Analyzer* (Horiba), timbangan analitik, *micropette*, vial, gelas ukur, *beaker glass*, dan alat gelas lainnya

Buah mahkota dewa, etanol 70% (*technical grade*), *sunflower oil* (*cosmetic grade*), cremophor RH 40 (*cosmetic grade*), PEG 400 (*cosmetic grade*), carbomer (*cosmetic grade*), *methyl paraben* (*cosmetic grade*), BHT (*cosmetic grade*),

phenoxyethanol (cosmetic grade), *aquadest*, dan bahan lainnya.

Metode Penelitian

1. Pembuatan Simplisia dan Ekstrak

Kulit Buah Mahkota Dewa

Buah mahkota dewa disortasi dan dicuci hingga bersih, kemudian dikupas untuk memisahkan bagian kulitnya. Kulit buah mahkota dewa dikeringkan menggunakan *Food Dehydrator* pada suhu 50 °C selama 8-10 jam hingga diperoleh simplisia kering. Sebanyak 60 gram simplisia dimaserasi dengan 500 mL etanol 70% selama tiga hari pada suhu kamar dengan pengadukan berkala. Filtrat hasil maserasi diuapkan menggunakan *rotary evaporator* dan dipekatkan menggunakan *waterbath* hingga diperoleh ekstrak kental kulit buah

mahkota dewa (Azad et al., 2022; Hasim et al., 2022; Radita & Widyarman, 2019).

2. Optimasi Formula Serum Nanoemulsi

Optimasi formula dilakukan menggunakan *Simplex Lattice Design* (SLD) dengan 3 komponen utama yaitu *Sunflower oil* (fase minyak), *Cremophor RH 40* (surfaktan) dan PEG 400 (ko-surfaktan). Sebanyak 12 *run* formulasi dihasilkan berdasarkan variasi rasio komponen menggunakan perangkat lunak *Design-Expert 13* (lihat Tabel 1).

2.1 Formula Nanoemulsi Ekstrak Kulit Buah Mahkota Dewa

Formulasi nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa dilakukan dengan memodifikasi dari formula yang dilaporkan oleh (Nurdianti et al., 2021) , yaitu :

Tabel 1. Rasio nanoemulsi ekstrak buah mahkota dewa menggunakan *simplex lattice design*

Kode Formula	Bahan (g)			
	Ekstrak kulit buah mahkota dewa	Sunflower oil	Cremophor RH 40	PEG 400
1	0,07	0,13	0,73	0,13
2	0,07	0,23	0,63	0,13
3	0,07	0,10	0,60	0,30
4	0,07	0,10	0,80	0,10
5	0,07	0,13	0,63	0,23
6	0,07	0,17	0,77	0,17
7	0,07	0,20	0,70	0,10
8	0,07	0,10	0,70	0,20
9	0,07	0,30	0,60	0,10
10	0,07	0,20	0,60	0,20
11	0,07	0,10	0,80	0,10
12	0,07	0,30	0,60	0,10

Nanoemulsi ekstrak buah mahkota dewa diformulasikan dengan mencampurkan fase minyak, surfaktan dan ko-surfaktan, kemudian ditambahkan ekstrak kulit buah mahkota dewa. Campuran dihomogenisasi dengan *magnetic stirrer* 10 menit dan disonikasi 90 menit. Dilakukan penambahan fase air (*aquadest*) di atas *magnetic stirrer* hingga total volume nanoemulsi 10 ml dan terbentuk nanoemulsi yang jernih dan stabil.

2.2 Formula Serum Nanoemulsi Ekstrak Kulit Buah Mahkota Dewa

Serum dibuat dengan memodifikasi dari formula yang dilaporkan oleh (Nurdianti *et al.*, 2021), yaitu mencampurkan basis gel

carbomer yang didispersikan dalam *aquadest* dengan campuran propilen glikol, *phenoxyethanol*, *methyl paraben* dan BHT. Campuran dihomogenkan hingga terbentuk basis serum yang jernih dan stabil. pH basis serum disesuaikan menggunakan buffer sitrat hingga pH 5,3. Kemudian nanoemulsi ekstrak buah mahkota dewa dengan rasio minyak, surfaktan dan ko-surfaktan terbaik diinkorporasikan 15% dan 30% ke dalam basis serum, kemudian diaduk hingga homogen sehingga diperoleh sediaan serum nanoemulsi. Berikut merupakan rancangan formula serum nanoemulsinya.

Tabel 2. Rancangan formula serum nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa

Bahan	Konsentrasi (%w/v)			
	F0	F1	F2	Fungsi
Nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa	-	15	30	Zat aktif
Carbomer	0,4	0,4	0,4	<i>Gelling agent</i>
Propilen glikol	10	10	10	Humektan
Phenoxyethanol	0,5	0,5	0,5	Pengawet
Methyl paraben	0,1	0,1	0,1	Pengawet
BHT	0,01	0,01	0,01	Antioksidan
Aquadest	Ad 20	Ad 20	Ad 20	Pelarut

3. Evaluasi Nanoemulsi Ekstrak Kulit Buah Mahkota Dewa

3.1 Ukuran Droplet dan Indeks Polidispersitas (PDI)

Sebanyak 100 μ L sampel nanoemulsi dilarutkan dalam 50 mL *aquadest*. Syarat

ukuran droplet nanoemulsi berkisar antara 10-200 nm dan nilai indeks polidispersitas <0,5 (Chairunisa *et al.*, 2022; Redhita *et al.*, 2022).

3.2 Zeta Potensial

Sediaan nanoemulsi diambil secukupnya, kemudian dimasukkan kedalam *holder* dan dipilih menu zeta potensial. Sampel koloid dinyatakan stabil jika nilai zeta potensialnya lebih besar dari +30mV atau lebih kecil dari -30mV (Zubaydah, Indalifiany, Yasmin, *et al.*, 2023).

3.3 Persen Transmittan

Sebanyak 100 μ L sediaan nanoemulsi diencerkan dalam 5 mL *aquadest*. Persentase transmittan 90-100% menunjukkan nanoemulsi yang jernih dan stabil (Redhita *et al.*, 2022).

4. Evaluasi Sediaan Serum Nanoemulsi Ekstrak Kulit Buah Mahkota Dewa

4.1 Organoleptik

Dilakukan pengamatan visual meliputi warna, bau, homogenitas (Chairunisa *et al.*, 2022; Redhita *et al.*, 2022).

4.2 Pengukuran pH

pH diukur menggunakan pH-meter yang telah dikalibrasi. Rentang pH sediaan harus berada pada pH 5-7 (Chairunisa *et al.*, 2022).

4.3 Uji Viskositas

Viskositas diukur menggunakan viskometer brookfield pada suhu ruang (25°C). Sebanyak 100 mL sediaan serum nanoemulsi diukur. Letakkan sediaan dibawah spindle yang telah terpasang. *Spindle* diturunkan sampai batas spindle

yang terendam dalam sediaan. Kecepatan viskometer diatur pada rpm yang tepat. Nilai viskositas sediaan nanoemulsi yang baik antara 10 - 2000 cPa.s (Zubaydah, Indalifiany, Yasmin, *et al.*, 2023).

4.4 Uji Tipe Nanoemulsi

Uji tipe emulsi menggunakan metode pengenceran. Nanoemulsi diencerkan dengan cara melarutkan sampel ke dalam fase air perbandingan (1:10), (1:50) dan (1:100). Jika sampel larut sempurna dalam fase air tanpa menunjukkan tanda-tanda pemisahan, maka tipe nanoemulsinya adalah minyak dalam air (m/a) (Zubaydah, Indalifiany, Yasmin, *et al.*, 2023).

Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan *Design Expert* 13 dengan metode *Simplex Lattice Design* untuk mengoptimasi komposisi fase minyak, surfaktan dan ko-surfaktan. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan uji signifikansi model dengan ANOVA pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 95\%$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan Simplisia dan Ekstrak Kulit Buah Mahkota Dewa

Proses pembuatan simplisia dilakukan dengan menggunakan *food dehydrator*. Metode ini diakui sebagai teknologi pengeringan yang efektif dan efisien untuk

menurunkan kadar air (Azeem *et al.*, 2021; Shodikin *et al.*, 2024). Selanjutnya, kadar air simplisia ditentukan untuk menilai kualitas hasil pengeringan, dengan syarat kadar air yang umum yaitu tidak lebih dari 10% (Wijaya & Noviana, 2022). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air simplisia kulit buah mahkota dewa sebesar 4,599%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kadar air simplisia memenuhi syarat kualitas dan layak digunakan untuk tahap berikutnya yaitu ekstraksi. Simplisia yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan blender hingga berbentuk serbuk halus menyerupai serabut. Proses ekstraksi dilakukan melalui maserasi, lalu diuapkan menggunakan *rotary evaporator* dan *waterbath* hingga diperoleh ekstrak kental dengan rendemen sekitar 70%.

2. Optimasi Formula Serum Nanoemulsi

Optimasi formula menggunakan SLD merupakan pendekatan efisien yang banyak diaplikasikan dalam pengembangan seiaan farmasi dan kosmetik, termasuk untuk formulasi nanoemulsi ekstrak kulit mahkota dewa. Metode ini memungkinkan peneliti mengeksplorasi berbagai kombinasi proporsi bahan utama minyak, surfaktan dan ko-surfaktan untuk menentukan komposisi optimum yang menghasilkan karakteristik fisik terbaik sekaligus stabilitas tertinggi.

2.1 Formula Nanoemulsi Ekstrak Kulit Buah Mahkota Dewa

Berdasarkan hasil rancangan percobaan dengan metode *Simplex Lattice Design*, diperoleh 12 *run* formula nanoemulsi buah mahkota dewa dengan jumlah replikasi sebanyak 2 serta terdapat 3 variabel independen (Tabel 1). Variabel independen yang digunakan yaitu *sunflower oil* dengan batas konsentrasi antara 0,1-0,3 g, sebagai fase minyak yang dapat mempertahankan kelarutan dan memberikan efek lembab serta meningkatkan penetrasi ke kulit. Cremophor RH 40 dengan batas konsentrasi antara 0,6-0,8 g, dengan nilai HLB 14-16 dan termasuk surfaktan nonionik yang digunakan bersifat hidrofilik, sehingga memiliki kecenderungan membentuk emulsi minyak dalam air (M/A) (Lutfiani Fayakun & Prihantini, 2023). PEG 400 merupakan ko-surfaktan yang membantu menurunkan tegangan permukaan sistem, sehingga proses emulsifikasi dan memungkinkan pembentukan droplet berukuran nano yang stabil, dengan batas konsentrasi antara 0,1-0,3 g. Penentuan total bahan ini disesuaikan dengan kebutuhan peneliti. Dari 12 formula tersebut, terdapat 2 formula yang sama untuk meningkatkan akurasi formula yang dihasilkan oleh *Design Expert*.

Setelah diperoleh 12 formula dari hasil perhitungan menggunakan SLD, langkah

berikutnya adalah membuat nanoemulsi berdasarkan komposisi yang telah ditetapkan oleh software tersebut. Hasil tampilan fisik dari nanoemulsi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1. Nanoemulsi yang telah

dibuat kemudian diuji untuk menilai berbagai karakteristiknya, yang meliputi ukuran droplet, *polydispersity index* (PDI), persentase transmittan (%T), serta zeta potensial (Tabel 3).



Gambar 1. Hasil nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa

3. Evaluasi Nanoemulsi Ekstrak Kulit Buah Mahkota Dewa

Hasil evaluasi nanoemulsi menunjukkan bahwa ukuran droplet dari 12 *run* formula bervariasi cukup luas, yaitu antara 25,83 nm hingga 372,9 nm (lihat Tabel 3). Formula dengan komposisi minyak lebih rendah (0,1–0,2 g) dan surfaktan lebih tinggi (0,7–0,8 g) cenderung menghasilkan ukuran droplet yang lebih kecil (<50 nm), seperti pada sampel *run* ke-4 ukuran dropletnya 25,83 nm dan sampel *run* ke-11 ukuran dropletnya 26,47 nm. Hal ini sesuai dengan studi sebelumnya bahwa peningkatan

konsentrasi surfaktan dapat menurunkan tegangan antarmuka dan menghasilkan ukuran droplet nanoemulsi yang lebih kecil serta stabil (Elsewedy, 2025; Sarheed *et al.*, 2020). Cremophor RH 40 terbukti mampu memberikan ukuran globul nanoemulsi yang paling rendah dibandingkan surfaktan nonionik lainnya dari golongan polisorbat (Lutfiani Fayakun & Prihantini, 2023). Nilai PDI pada seluruh formula berkisar antara 0,22–0,59. Formula dengan PDI <0,5 menunjukkan distribusi ukuran droplet yang sempit, yang mencerminkan kestabilan dari sistem nanoemulsi,

menandakan sistem nanoemulsi monodispers dengan homogenitas yang baik (Lutfiani

Fayakun & Prihantini, 2023; Sun *et al.*, 2024).

Tabel 3. Rata-rata ukuran droplet, PDI, %transmitan dan zeta potensial

Sampel	$\bar{X}$ ukuran droplet $\pm$ SD	$\bar{X}$ PDI $\pm$ SD	$\bar{X}$ %Transmitan $\pm$ SD	$\bar{X}$ Zeta potensial $\pm$ SD
1	102,93 $\pm$ 6,99	0,59 $\pm$ 0,04	84,50 $\pm$ 0,00	-8,43 $\pm$ 1,50
2	323,57 $\pm$ 24,54	0,51 $\pm$ 0,17	0,60 $\pm$ 0,00	59,37 $\pm$ 11,75
3	219,20 $\pm$ 9,59	0,72 $\pm$ 0,08	53,30 $\pm$ 0,00	-8,30 $\pm$ 1,73
4	25,83 $\pm$ 0,83	0,48 $\pm$ 0,10	97,87 $\pm$ 0,06	-7,83 $\pm$ 1,00
5	297,00 $\pm$ 19,33	0,37 $\pm$ 0,09	18,30 $\pm$ 0,00	-5,13 $\pm$ 0,06
6	240,80 $\pm$ 14,20	0,22 $\pm$ 0,06	5,20 $\pm$ 0,00	38,57 $\pm$ 14,60
7	282,77 $\pm$ 12,72	0,34 $\pm$ 0,01	1,20 $\pm$ 0,00	-68,13 $\pm$ 30,65
8	39,13 $\pm$ 2,12	0,57 $\pm$ 0,09	95,44 $\pm$ 0,06	-5,83 $\pm$ 0,76
9	372,90 $\pm$ 24,22	0,45 $\pm$ 0,05	0,30 $\pm$ 0,00	23,80 $\pm$ 11,43
10	372,50 $\pm$ 6,42	0,37 $\pm$ 0,13	0,50 $\pm$ 0,00	29,67 $\pm$ 4,32
11	26,47 $\pm$ 1,38	0,47 $\pm$ 0,04	98,30 $\pm$ 0,00	-2,90 $\pm$ 0,72
12	320,90 $\pm$ 15,50	0,56 $\pm$ 0,11	0,20 $\pm$ 0,00	34,13 $\pm$ 13,32

Parameter zeta potensial menunjukkan variasi yang cukup besar, antara -68,13 mV hingga +59,37 mV. Formula dengan nilai zeta potensial $>\pm 30$ mV, misalnya *run* ke-2 (+59,37 mV) dan *run* ke-7 (-68,13 mV), diprediksi memiliki stabilitas elektrostatis yang baik akibat adanya gaya tolak-menolak antar droplet. Stabilitas koloid optimal dicapai bila zeta potensial $>\pm 30$ mV dan <60 mV. Dimana nilai tersebut menunjukkan formula monodispersi tanpa agregasi. Sedangkan nilai zeta potensial ± 20 mV cenderung hanya memiliki stabilitas jangka pendek dan nilai zeta potensial <5 mV cenderung agregasi dengan cepat. Namun demikian, nilai zeta potensial bukan parameter absolut stabilitas dari nanopartikel (Németh *et al.*, 2022).

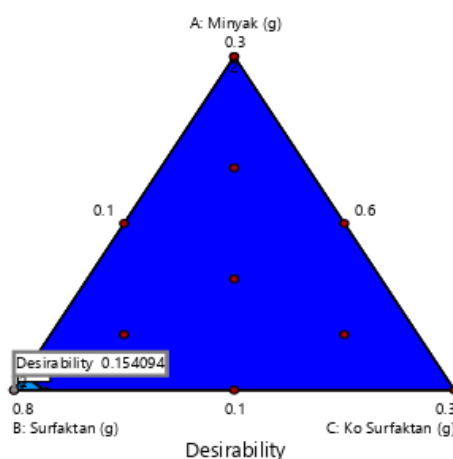
Sementara itu, nilai transmitan bervariasi dari 0,2% hingga 98,3%. Formula dengan transmitan tinggi, misal sampel *run* ke-4 adalah 97,87% dan sampel *run* ke-11 adalah 98,3% menunjukkan kejernihan yang lebih baik, yang berkorelasi dengan ukuran droplet kecil dan homogen. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa transmitan tinggi pada nanoemulsi menunjukkan sistem yang lebih transparan dan stabil (Helsawati *et al.*, 2024).

Secara keseluruhan, formula optimum nanoemulsi kulit buah mahkota dewa ditunjukkan oleh kombinasi komponen dengan konsentrasi minyak rendah dan surfaktan tinggi, yang menghasilkan ukuran droplet dan PDI rendah, serta transmitan tinggi, sehingga berpotensi memberikan kestabilan fisik dan meningkatkan

bioavailabilitas senyawa aktif flavonoid dalam buah mahkota dewa. Menariknya, ketika ukuran droplet dan PDI rendah serta transmitan tinggi, nilai zeta potensial cenderung rendah dibawah 10 mV, sehingga perlu dikonfirmasi melalui uji stabilitas. Namun setelah 3 minggu penyimpanan, beberapa sampel menunjukkan adanya fenomena pengendapan (*run* ke-4 dan 11) dan *creaming*. Perlu dievaluasi selain metode, juga pemilihan bahan yang memungkinkan mempengaruhi terhadap nilai zeta potensial ini.

Berdasarkan analisis menggunakan *simplex lattice design*, bertujuan untuk

menentukan formula yang optimal dari 12 *run* formula yang dibuat untuk selanjutnya di inkorporasikan ke dalam basis. Berdasarkan hasil analisisnya diperoleh kesimpulan bahwa formula dengan perbandingan minyak : surfaktan : ko-surfaktan = 1 : 8 :1 adalah formula optimum, dengan ukuran droplet yang berkisar 24 – 27 nm dan *desirability* 0,154 (lihat **Gambar 2.**). Nilai *desirability* tersebut merupakan nilai yang muncul sebagai solusi paling optimal dari 12 *run* formula yang diuji, sehingga formula perbandingan inilah yang dipilih sebagai formula optimum secara relatif terhadap kriteria respon yang ditetapkan.



Gambar 2. Plot diagram ternary *Simplex Lattice Design* komposisi fase minyak, surfaktan, ko-surfaktan nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa

Tabel 4. Analysis of variance (ANOVA)

Respon	F value	P value	R ²	Model
Ukuran Partikel	26,52	0,0002	0,8549	Linear
PDI	0,4706	0,6391	0,0947	Linear
Zeta Potensial	1,43	0,2892	0,2409	Linear
% Transmittan	14,27	0,0016	0,7603	Linear

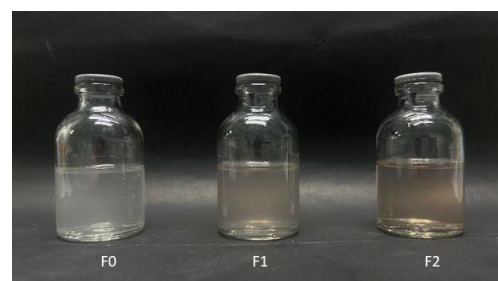
Berdasarkan hasil analisis ANOVA, ukuran partikel dan persen transmittan menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap variasi formulasi nanoemulsi dengan nilai $p < 0,05$ (0,0002 dan 0,0016), yang menandakan kedua parameter tersebut sangat dipengaruhi oleh perubahan komposisi formula. Sebaliknya, *polydispersity index* (PDI) dan zeta potensial tidak menunjukkan pengaruh signifikan dengan $p > 0,05$ (0,6391 dan 0,2892). Meskipun demikian, model untuk zeta potensial mengalami masalah ketidaksesuaian (*Lack of Fit* signifikan), yang berarti pemodelan lebih lanjut diperlukan untuk memperoleh prediksi yang akurat. Kesimpulan ini menegaskan pentingnya fokus pada optimasi ukuran partikel dan kejernihan nanoemulsi (transmittan), sementara PDI dan zeta potensial membutuhkan kajian lanjutan untuk memastikan kestabilan dan kesesuaian model formulasi.

4. Evaluasi Sediaan Serum Nanoemulsi Ekstrak Kulit Buah Mahkota Dewa

4.1 Organoleptik

Dari hasil pembuatan serum nanoemulsi didapatkan bahwa F0, F1 dan F2 memiliki penampilan fisik yang homogen dengan tekstur serum sedikit kental dan mudah diaplikasikan di kulit secara merata. Adapun keberadaan nanoemulsi ekstrak

memberikan aroma khas ekstrak yang masih dapat diterima dengan warna yang sedikit kekuningan.



Gambar 2. Serum nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa

4.2 pH

Nilai pH untuk sediaan serum nanoemulsi pada formula F0, F1 dan F2 berturut-turut adalah 5,27 ; 5,18 ; dan 5,34. Rentang ini sesuai dengan pH fisiologis kulit yaitu 4,5 - 6,5 (Collins & Monica, 2023), sehingga aman dan tidak berpotensi menimbulkan iritasi kulit. Selain itu, tidak terdapat perubahan pH yang signifikan sebelum dan sesudah penambahan nanoemulsi, yang menunjukkan bahwa komponen formula dalam serum memiliki kompatibilitas yang baik.

Tabel 4. Pengukuran pH sediaan serum nanoemulsi

Formula	Nilai pH $\pm$ SD
F0	5,27 $\pm$ 0,01
F1	5,18 $\pm$ 0,01
F2	5,34 $\pm$ 0,01

4.3 Viskositas

Hasil pengukuran menunjukkan viskositas rata-rata F0 sekitar 360 – 405 cps,

sedangkan F1 viskositas yang terukur lebih tinggi namun masih memenuhi syarat sekitar 410,5 – 542,9 cps. Sementara F3 viskositas yang terukur lebih rendah sekitar 123,6 – 210,8 cps. Secara umum, seluruh formula masih berada dalam kategori viskositas yang sesuai untuk sediaan serum kosmetik yang umumnya berkisar 10 – 2000 cps (Zubaydah, Indalifiany, Yasmin, *et al.*, 2023). Viskositas dalam rentang ini penting untuk menjaga kestabilan fisik sediaan sehingga mudah diaplikasikan dan memberikan sensasi nyaman pada kulit saat digunakan (Chanida *et al.*, 2024).

4.4 Uji Tipe Emulsi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jenis dispersi yang terbentuk pada sediaan nanoemulsi. Pengujian dilakukan dengan metode pengenceran menggunakan air pada perbandingan 1:10, 1:50 dan 1:100. Hasil pengujian menunjukkan ketiga formula (F0, F1, F2) dapat bercampur sempurna dalam fase air tanpa menunjukkan adanya pemisahan fase. Dari hasil tersebut dapat dikonfirmasi bahwa sediaan yang diperoleh termasuk dalam tipe nanoemulsi minyak dalam air (M/A). Sistem M/A umumnya digunakan pada sediaan topikal kosmetik karena memberikan sensasi ringan, mudah diaplikasikan dan nyaman di kulit. Selain itu, nanoemulsi tipe M/A lebih stabil untuk formula berbasis air dan

mendukung pelepasan bahan aktif secara efektif (Zubaydah, Indalifiany, Yamin, *et al.*, 2023).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengoptimasi formula serum nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa menggunakan pendekatan *Simplex Lattice Design* (SLD) dengan variabel utama berupa proporsi *Sunflower oil* sebagai fase minyak, *Cremophor* RH 40 sebagai surfaktan, dan PEG 400 sebagai ko-surfaktan. Formula optimum yang diperoleh memiliki ukuran droplet kecil rata-rata 25,83 nm $\pm$ 0,83 nm, *polydispersity index* rendah 0,48 $\pm$ 0,10, serta nilai zeta potensial -7,83 mV $\pm$ 1,00 mV, dengan nilai *desirability* 0,154. Formula optimal juga menunjukkan nilai transmitansi tinggi, menandakan kejernihan dan homogenitas sediaan yang baik. Nanoemulsi ini berpotensi tinggi dalam meningkatkan bioavailabilitas senyawa flavonoid aktif dalam ekstrak kulit buah mahkota dewa, dengan kestabilan fisik yang memadai untuk aplikasi sebagai serum kosmetik topikal anti-aging. Pemilihan rasio minyak : surfaktan : ko-surfaktan sebesar 1 : 8 : 1 dinilai paling optimal dan menjadi komposisi dasar formulasi serum nanoemulsi. Penelitian ini dapat bermanfaat sebagai data awal untuk pengembangan

formula serum nanoemulsi ekstrak kulit buah mahkota dewa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Pendanaan Penelitian Dosen Pemula (PDP) dengan nomor kontrak 11/LPPM/KOT/H-PDP/IL3.AU/F/2025 dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan dana yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, J., Garg, A., Mustafa, G., Mohammed, A. A., & Ahmad, M. Z. (2023). 3D Printing Technology as a Promising Tool to Design Nanomedicine-Based Solid Dosage Forms: Contemporary Research and Future Scope. In *Pharmaceutics* (Vol. 15, Issue 5). MDPI. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15051448>
- Anggita, G., & Nurhayati, G. S. (2024). Formulasi Dan Stabilitas Sediaan Serum Dari Ekstrak Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica* Val.) Sebagai Antioksidan. *Jurnal Medika & Sains [J-MedSains]*, 4(1), 56–68. <https://doi.org/10.30653/medsains.v4i1.1063>
- Azad, A. K., Sulaiman, W. M. A. W., & Kundu, S. K. (2022). Toxicity profile of *Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl. fruits extract in adult male Sprague-Dawley rats. *Advances in Traditional Medicine*, 22(3), 557–567. <https://doi.org/10.1007/s13596-021-00592-5>
- Azeem, A., Panhwar, A. A., Meghwar, P., Zahra, S. M., Panhwar, A., Irshad, A., & Soomro, U. A. (2021). Effect of Drying-Dehydration Techniques on. In *Article in Journal of Biological Research* (Vol. 12, Issue 1). <https://www.researchgate.net/publication/355779092>
- Chairunisa, U., Rosaini, H., Musa, Z. F. A., Makmur, I., Eriadi, A., & Yetti, R. D. (2022). Optimization of Nanoemulsion Formula from Asiaticoside Active Compounds Using Design Expert ® 13. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 1046–1051. <https://doi.org/10.55248/gengpi.2022.3.10.44>
- Chanida, Z., Wardani Tatiana, S., Tiara, A. L., & Surakarta, D. B. (2024). Karakterisasi Dan Formulasi Sediaan Serum Nanopartikel Emas(AU) Bioreduktor Ekstrak Biji Bunga Matahari (*Helianthus Annuus* L.).

- Jurnal Kesehatan Tambusai*, 5(4), 12120–12135.
- Collins, E., & Monica, E. (2023). *Pembuatan Serum Penumbuh Rambut Kombinasi Minyak Kemiri (Aleurites moluccanus) dan Ekstrak Buah Apel (Pyrus malus L.)* (Vol. 1, Issue 1).
- Elsewedy, H. S. (2025). Insights of Nanoemulsion as a Drug Delivery System: An Overview of Current Trends and Applications. In *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research* (Vol. 59, Issue 2, pp. 472–492). Association of Pharmaceutical Teachers of India. <https://doi.org/10.5530/ijper.20250937>
- Hasim, H., Mantik, Y. A., Husnawati, H., Priosoeryanto, B. P., & Puspita, R. (2022). Antiproliferative Potency of God's Crown Fruit (Phaleria macrocarpa) Extract Against Breast Cancer Cell. *Borneo Journal of Pharmacy*, 5(4), 307–314. <https://doi.org/10.33084/bjop.v5i4.2822>
- Helsawati, Ratnapuri, P. H., & Fitriana, M. (2024). Formulation and Evaluation of Nanoemulsion Kelakai (Stenochlaena palustris) Herbs with Composition of Smix (Tween 80 and Glycerin) and Pine Oil. *Borneo Journal of Pharmacy*, 6(4), 406–416. <https://doi.org/10.33084/bjop.v6i4.3817>
- Hidayati, N., & Widhiastuti, N. (2019). Optimasi Formula Masker Gel Peel Off Ekstrak Buah Mahkota Dewa (Phaleria macrocarpa (Scheff.) Boerl) Dengan Variasi PVA Dan HPMC Menggunakan Metode Simplex Lattice Design. In *Jurnal Ilmu Farmasi* (Vol. 10, Issue 1).
- Lutfiani Fayakun, F., & Prihantini, M. (2023). OPTIMASI KONSENTRASI SURFAKTAN CREMOPHOR RH 40 DALAM NANOEMULSI KOMPLEKS MOLEKULAR ASAM GLIKOLAT-KITOSAN MENGGUNAKAN METODE MULTILEVEL CATEGORIC-ONE FACTOR. *Jurnal Ilmu Farmasi Dan Farmasi Klinik (JIFFK)*, 20(2), 167–175. www.unwahas.ac.id/publikasiilmiah/index.php/ilmufarmasidanfarmasiklinik
- Németh, Z., Csóka, I., Semnani Jazani, R., Sipos, B., Haspel, H., Kozma, G., Kónya, Z., & Dobó, D. G. (2022). Quality by Design-Driven Zeta Potential Optimisation Study of Liposomes with Charge Imparting Membrane Additives. *Pharmaceutics*,

- 14(9).
<https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14091798>
- Nurdianti, L., Clara, R., Suhendy, H., Setiawan, F., & Idacahyati, K. (2021). Formulation, Characterization, And Determination Of The Diffusion Rate Study Of Antioxidant Serum Containing Astaxanthin Nanoemulsion. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 13(Special Issue 4), 200–204.
<https://doi.org/10.22159/IJAP.2021.V13S4.43859>
- Radita, D. C., & Widyarman, A. S. (2019). Mahkota Dewa (God's Crown) Fruit Extract Inhibits the Formation of Periodontal Pathogen Biofilms in vitro. *Journal of Indonesian Dental Association*, 2(2), 57.
<https://doi.org/10.32793/jida.v2i2.404>
- Redhita, L. A., Beandrade, M. U., Putri, I. K., & Anindita, R. (2022). Formulasi Dan Evaluasi Nanoemulsi Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) Dengan Variasi Konsentrasi Tween 80. *Jurnal Mitra Kesehatan*, 4(2), 80–91.
<https://doi.org/10.47522/jmk.v4i2.134>
- Sarheed, O., Dibi, M., & Ramesh, K. V. R. N. S. (2020). Studies on the effect of oil and surfactant on the formation of alginate-based O/W lidocaine nanocarriers using nanoemulsion template. *Pharmaceutics*, 12(12), 1–21.
<https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12121223>
- Shodikin, M. B., Susiana, E., Riska, E., Institut, K., Lombok, T., Daya, L., Aikmel, K., Timur, K. L., Tenggara, N., & 83661, B. (2024). Kinerja Food Dehydrator Dalam Mengurangi Kadar Air Pada Daun Salam. *LPPM Universitas Mataram*, 6.
- Sun, M. Z., Kim, D. Y., Baek, Y., & Lee, H. G. (2024). The Effect of Multilayer Nanoemulsion on the In Vitro Digestion and Antioxidant Activity of β -Carotene. *Antioxidants*, 13(10).
<https://doi.org/10.3390/antiox13101218>
- Wijaya, A., & Noviana. (2022). Penetapan Kadar Air Simplisia Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengeringan. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 4(2), 185–194.
- Zubaydah, W. O. S., Indalifiany, A., Yamin, Suryani, Munasari, D., Sahumena, M. H., & Jannah, S. R. N. (2023). Formulasi dan Karakterisasi Nanoemulsi Ekstrak Etanol Buah Wualae (*Etlingera Elatior* (Jack) R.M.

Smith). *Lansau: Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 1(1), 22–37.
<https://doi.org/10.33772/lansau.v1i1.4>

Zubaydah, W. O. S., Indalifiany, A., Yasmin, Suryani, Munasari, D., Sahumena, M. H., & Jannah, S. R. N. (2023). Formulasi dan Karakterisasi Nanoemulsi Ekstrak Etanol Buah Wualae (*Etlingera Elatior* (Jack) R.M. Smith). *Lansau : Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 1(1), 22–37.