

Formulasi, Karakterisasi Fisikokimia, dan Aktivitas Antioksidan Nanogel Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam)

Formulation, Physicochemical Characterization, and Antioxidant Activity of Moringa (Moringa oleifera Lam) Leaf Ethanol Extract Nanogel

Ira Eka Fahira¹, Siti Muliani Julianty^{2*}, Syarifah Nadia³,

^{1,2,3}Fakultas Farmasi dan Kesehatan, Universitas Tjut Nyak Dhien, Medan, Sumatera Utara, Indonesia
Email: situmulianijulianty93@gmail.com

Abstrak

Stres oksidatif akibat radikal bebas memicu penuaan dini pada kulit, sehingga diperlukan sediaan antioksidan topikal alami yang stabil dan efektif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang formula nanogel ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) pada menguji konsentrasi F1 (2,5%), F2 (5%), dan F3 (7,5%), mengevaluasi karakteristik fisik serta mengukur aktivitas antioksidan. Metodologi penelitian ini diawali dengan pembuatan basis nanogel berbahan Karbopol 940 dan Tween 80, dilanjutkan dengan pengujian mutu fisik (organoleptis, pH, daya sebar, dan ukuran partikel dengan *Particle Size Analyzer*), serta pengujian aktivitas antioksidan secara *in vitro* menggunakan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Hasil evaluasi fisik menunjukkan seluruh formula nanogel memiliki konsistensi semipadat, berbau herbal khas, berwarna hijau tua sampai kehijauan gelap, memiliki nilai pH yang sesuai dengan pH kulit (4,93–5,45), daya sebar yang baik (5,40–6,75 cm), dan ukuran partikel masuk dalam skala nano (101–180 nm). Hasil uji antioksidan menunjukkan aktivitas penghambatan meningkat seiring peningkatan konsentrasi ekstrak (*dose-dependent*) dengan nilai IC_{50} pada F1 sebesar 112,774 $\mu\text{g/mL}$ (sedang), F2 sebesar 67,135 $\mu\text{g/mL}$ (kuat), F3 sebesar 29,045 $\mu\text{g/mL}$ (sangat kuat), dan ekstrak murni sebesar 17,417 $\mu\text{g/mL}$. Kesimpulannya, nanogel ekstrak etanol daun kelor memenuhi kriteria mutu fisik sediaan topikal dan memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat.

Kata kunci: Daun Kelor; Nanogel; Ekstrak Etanol; Antioksidan; DPPH; IC_{50} .

Abstract

Oxidative stress caused by free radicals triggers premature skin aging, creating a need for stable and effective natural topical antioxidant formulations. This study aimed to formulate a nanogel containing the ethanolic extract of moringa leaves (*Moringa oleifera* Lam) by testing concentrations of F1 (2.5%), F2 (5%), and F3 (7.5%) and to evaluate physical characteristics and antioxidant activity. The methodology began with the preparation of a nanogel base using Carbopol 940 and Tween 80, followed by physical quality testing (organoleptic properties, pH, spreadability, and particle size using a Particle Size Analyzer) and *in vitro* antioxidant activity testing via the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method. Physical evaluation results showed that all nanogel formulas exhibited a semi-solid consistency, a characteristic herbal odor, and a dark green to deep green color; they possessed pH values compatible with skin pH (4.93–5.45), good spreadability (5.40–6.75 cm), and particle sizes within the nano-scale range (101–180 nm). Antioxidant test results demonstrated that inhibitory activity increased with extract concentration (*dose-dependent manner*), with IC_{50} values of 112.774 $\mu\text{g/mL}$ (moderate) for F1, 67.135 $\mu\text{g/mL}$ (strong) for F2, 29.045 $\mu\text{g/mL}$ (very strong) for F3, and 17.417 $\mu\text{g/mL}$ for the pure extract. In conclusion, the *Moringa oleifera* leaf ethanolic extract nanogel meets the physical quality criteria for topical preparations and exhibits very strong antioxidant activity.

Keywords: Moringa Leaves; Nanogel; Ethanolic Extract; Antioxidant; DPPH; IC_{50}

*Corresponding author: Siti Muliani Julianty, Fakultas Farmasi dan Kesehatan, Universitas Tjut Nyak Dhien, Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

E-mail : situmulianijulianty93@gmail.com

Doi : 10.35451/jfm.v9i1.3879

Received : September 5, 2026, Accepted: October 27, 2026, Published: October 30, 2026

Copyright: © 2026 Siti Muliani Julianty (s). Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Stres oksidatif terjadi saat produksi radikal bebas (*Reactive Oxygen Species*/ROS) melebihi kemampuan proteksi antioksidan alami di dalam tubuh. Kondisi ini menyebabkan kerusakan pada komponen seluler penting seperti protein, lipid, dan DNA, yang pada memicu mempercepat kemunculan penuaan dini (*dermatofotoalterasi*) sekaligus memicu timbulnya aneka gangguan degeneratif pada jaringan kulit [1]. Kulit sebagai organ terluar tubuh sangat rentan terhadap paparan radikal bebas eksogen, seperti paparan radiasi ultraviolet (UV), polusi udara, dan bahan kimia sintesis. Oleh karena itu, penggunaan senyawa antioksidan eksogen sangat diperlukan untuk memperkuat mekanisme perlindungan kulit terhadap kerusakan oksidatif [2].

Aplikasi bahan antioksidan buatan semacam *butylated hydroxytoluene* (BHT) maupun *butylated hydroxyanisole* (BHA) pada produk kulit kini kian diperketat pemakaiannya. Langkah ini diambil menyusul adanya kekhawatiran terkait timbulnya efek merugikan, mulai dari reaksi peradangan lokal pada permukaan kulit sampai risiko gangguan toksik dalam rentang waktu yang lama [3]. Kondisi ini mendorong pergeseran tren farmasi menuju pemanfaatan bahan alam alami (*back to nature*) yang dinilai lebih aman, berkelanjutan, serta memiliki tolerabilitas kulit yang baik [4]. Tanaman daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) menjadi salah satu komoditas hayati asli Indonesia yang menyimpan peluang besar berkat limpahan kandungan zat bioaktif penangkal oksidasi di dalamnya.

Uji fitokimia memperlihatkan bahwa sari daun kelor menyimpan ragam metabolit sekunder mencakup polifenol, flavonoid, glikosida, hingga tannin yang terbukti amat efektif dalam menetralkan aktivitas radikal bebas [5]. Peneliti sebelumnya menyatakan bahwa aktivitas peredaman radikal bebas ekstrak *Moringa oleifera* tergolong sangat kuat. Namun demikian, aplikasi topikal ekstrak mentah (*crude extract*) secara langsung menghadapi kendala kelarutan, stabilitas kimia yang rendah terhadap paparan lingkungan, serta penetrasi stratum korneum yang terbatas akibat ukuran molekul yang besar [6].

Untuk mengatasi hambatan hantaran tersebut, teknologi sediaan nanogel dikembangkan sebagai sistem hantaran nano (*nanocarrier*) berbasis hidrofilik polimer [7]. Nanogel mampu mengenkapsulasi zat aktif alami, melindungi dari degradasi oksidatif, meningkatkan kelarutan, serta mengecilkan ukuran partikel hingga rentang nanometer (10–200 nm) sehingga meningkatkan penetrasi transdermal [8]. Formulasi nanogel menggunakan gelling agent seperti Carbopol 940 dan surfaktan Tween 80 terbukti memberikan stabilitas fisik yang baik dan profil pelepasan zat aktif secara optimal [9].

Penelitian mengenai sediaan nano berbasis tanaman terus berkembang. Berdasarkan penelitian Putih *et al.* menunjukkan bahwa memformulasi nanoemulsi/nanogel dari ekstrak tanaman lokal yang efektif meningkatkan penetrasi zat aktif. Namun, pengaplikasian sistem nanogel pada ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) guna mengevaluasi potensi aktivitas antioksidannya secara *in vitro* (metode DPPH) masih memerlukan pembuktian sistematis, khususnya dalam menguji pengaruh variasi konsentrasi ekstrak terhadap karakteristik fisik, keamanan topikal (uji iritasi), dan parameter nilai IC_{50} (*Inhibitory Concentration* 50%) [10].

Berpijak pada latar belakang tersebut, riset ini diarahkan untuk merancang formulasi sekaligus menguji karakteristik fisik produk nanogel berbasis ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dengan variasi kadar 2,5% (F1), 5% (F2), dan 7,5% (F3), yang kemudian dilanjutkan dengan pengukuran daya antioksidannya secara *in vitro* lewat instrumen spektrofotometri UV-Vis.

2. METODE

Bahan

Bahan Material yang dimanfaatkan mencakup air suling (akuades), pereaksi DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), etanol berkadar 96%, ekstrak daun kelor hasil maserasi etanol, basis karbopol 940, pengawet metil paraben, pelarut propilen glikol, trietanolamin (TEA), surfaktan tween 80, serta asam askorbat (vitamin C).

Alat

Instrumen pendukung yang dipakai meliputi *beaker glass* (Pyrex®), *hotplate magnetic stirrer* (IKA®), pH meter (Hanna Instruments®), rotary evaporator (Buchi®), spektrofotometer (Shimadzu®), dan viscometer (Brookfield®).

Prosedur

Rangkaian pengerjaan studi ini diawali dari tahapan terminasi dan preparasi sampel tumbuhan, dilanjutkan dengan peracikan komposisi formula nanogel, hingga pelaksanaan serangkaian pengujian mutu yang mencakup pengamatan sensoris (organoleptis), penentuan derajat keasaman (pH), evaluasi daya sebar, analisis dimensi partikel, uji kesukaan konsumen (hedonik), serta pengukuran potensi penangkal radikal bebas melalui teknik DPPH.

Pengumpulan tanaman

Sebanyak 4,6 kg daun kelor (*Moringa oleifera* Lam) segar dari Aceh diambil secara *purposive sampling* tanpa melibatkan perbandingan dari wilayah lain.

Pembuatan formula sediaan nanogel

Rancangan sediaan nanogel berbasis ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* L.) disusun ke dalam empat variasi konsentrasi bahan aktif, meliputi F0 (0%/kontrol blanko), F1 (2,5%), F2 (5%), dan F3 (7,5%). Komponen eksipien pelengkap yang disertakan terdiri atas Karbopol 940 selaku pembentuk matriks gel (*gelling agent*), Tween 80 selaku surfaktan, propilen glikol sebagai zat pelembap (*humectant*), metil paraben selaku pengawet, Trietanolamin (TEA) untuk menstabilkan derajat keasaman, serta akuades sebagai pelarut penggenap volume hingga 100%.

Prosedur pembuatan sediaan nanogel diawali dengan penyiapan basis gel melalui pengadukan Karbopol 940 di dalam aquadest menggunakan *magnetic stirrer* hingga terdispersi sempurna dan homogen. Secara terpisah, sistem nanoemulsi disiapkan dengan mencampurkan ekstrak etanol daun kelor, Tween 80, dan aquadest di dalam *beaker glass*, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 8 jam hingga terbentuk nanoemulsi yang homogen. Tahap akhir dilakukan dengan menginkorporasikan nanoemulsi ke dalam basis gel hingga homogen, diikuti penambahan propilen glikol, metil paraben, dan aquadest. Selanjutnya, TEA ditambahkan secara perlahan tetes demi tetes ke dalam campuran sambil terus diaduk hingga diperoleh sediaan nanogel yang stabil. Rancangan formula dan konsentrasi masing-masing komponen penyusun sediaan nanogel ekstrak etanol daun kelor dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Formula Nanogel

No	Nama Bahan	Konsentrasi (%)			
		F0	F1	F2	F3
1	Ekstrak Etanol Daun Kelor	-	2,5	5	7,5
2	Karbopol 940	1,12	1,12	1,12	1,12
3	Tween 80	10	10	10	10
4	Propilen Glikol	10	10	10	10
5	Metil Paraben	0,05	0,05	0,05	0,05
6	TEA	0,6	0,6	0,6	0,6
7	Aquadest ad	100	100	100	100

Keterangan:

F0 = Sediaan nanogel tanpa ekstrak etanol daun kelor

F1 = Sediaan nanogel dengan penambahan ekstrak etanol daun kelor 2,5%

F2 = Sediaan nanogel dengan penambahan ekstrak etanol daun kelor 5%

F3 = Sediaan nanogel dengan penambahan ekstrak etanol daun kelor 7,5%

Evaluasi Fisik Sediaan Nanogel

Pemeriksaan organoleptis

Evaluasi sifat sensori dikerjakan lewat inspeksi visual dan pembauan secara langsung guna mencermati rupa fisik, aroma, serta corak warna dari produk nanogel [11].

Pengukuran pH

Uji derajat keasaman diawali lewat proses standardisasi instrumen memanfaatkan larutan dapar ber-pH 7,01 dan 4,01, yang disusul dengan melarutkan 1 g formula ke dalam 100 ml akuades. Sensor elektroda selanjutnya dibenamkan ke dalam larutan hingga pembacaan angka tidak lagi berfluktuasi, mengacu pada standar fisiologis mantel asam kulit manusia yakni 4,5–6,5 [12].

Pengujian daya sebar

Kemampuan meluas sediaan diuji melalui penempatan 0,5 g sampel tepat di tengah sepasang lempeng kaca bening beralaskan kertas milimeter blok. Beban tertentu ditaruh di atasnya selama tempo 1 menit sebelum diameter luasan dispersi dicatat; nilai ketersebaran yang dinilai ideal mematuhi rentang 5–7 cm [13].

Pengukuran ukuran partikel

Dimensi partikel dianalisis memakai peranti *Particle Size Analyzer* (PSA), diawali dengan memindahkan 5 ml suspensi nanogel ke wadah kuvet yang berada pada area *sample holder*. Proses pemindaian dijalankan lewat navigasi menu ukuran partikel dengan waktu operasional sekitar 15 menit [14].

Pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH

Pembuatan larutan induk baku DPPH

Pembuatan larutan induk baku DPPH larutan stok DPPH berkonsentrasi 200 ppm disiapkan dengan menimbang 20 mg kristal DPPH, lalu dilarutkan memakai pelarut etanol derajat analisis (*pro analysi*) di dalam labu takar bervolume 100 ml sampai batas tera [16].

Penentuan Panjang gelombang maksimum DPPH

Pencarian serapan optimum dikerjakan dengan mengambil 2 ml larutan stok DPPH 200 ppm, kemudian diencerkan dengan etanol hingga membentuk konsentrasi 40 ppm. Campuran tersebut disimpan di ruang kedap cahaya selama 30 menit, lalu dipindai nilai serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada interval 515–520 nm untuk menetapkan puncak serapan tertinggi [16].

Pengukuran *operating time* DPPH

Larutan kerja DPPH 40 ppm dibuat dengan memipet 2 ml larutan baku DPPH 200 ppm ke dalam labu ukur 10 ml, yang kemudian dicukupkan volumenya menggunakan etanol *p.a.* hingga garis batas [17].

Pengukuran absorbansi DPPH ekstrak etanol daun kelor

Evaluasi daya peredam radikal dilakukan melalui variasi konsentrasi ekstrak daun kelor (10, 20, 30, 40, dan 50 ppm), di mana masing-masing dicampur bersama 2 ml larutan DPPH 40 ppm di dalam labu ukur 10 ml hingga batas volume. Larutan diaduk hingga merata sebelum dibaca nilai absorbansinya lewat spektrofotometer UV-Vis [16].

Pengukuran absorbansi DPPH vitamin C

Sebagai pembanding positif, larutan vitamin C dibuat dalam rentang kadar 1, 2, 3, 4, serta 5 ppm, lalu dipadukan bersama 2 ml larutan DPPH 40 ppm pada labu takar 10 ml sampai batas garis. Sesudah tercampur homogen, serapannya dianalisis menggunakan perangkat spektrofotometer UV-Vis [16].

Pengukuran absorbansi DPPH sediaan ekstrak etanol daun kelor

Pengujian kapasitas antioksidan pada sediaan akhir dipersiapkan pada seri kepekatan 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm yang diencerkan dari larutan stok 200 ppm, kemudian dikombinasikan dengan 2 ml larutan DPPH 40 ppm dalam labu ukur 10 ml sampai tanda batas. Campuran diguncang hingga seragam, lalu tingkat serapannya dideteksi memanfaatkan instrumen spektrofotometer UV-Vis [16].

Analisis penentuan aktivitas antioksidan

Persentase aktivitas antioksidan dihitung dari rasio penurunan absorbansi sampel terhadap blanko menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ aktivitas antioksidan} = \frac{\text{absorbansi blanko} - \text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi blanko}} \times 100 \%$$

Nilai IC₅₀ ditentukan melalui persamaan garis regresi linier [17].

Analisis Nilai IC₅₀

Korelasi antara kepekatan larutan uji dan tingkat penghambatan antioksidan dipetakan ke dalam rumus regresi linier guna mengkalkulasi besaran nilai IC₅₀ [17]. Kategori potensi daya antioksidan yang dikelompokkan menurut interval nilai IC₅₀ tersebut tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan nilai IC₅₀ terhadap Aktivitas Anntioksidan

No	IC ₅₀ µg (mL)	Aktivitas antioksidasi
1	< 50	Sangat Kuat
2	50 – 100	Kuat
3	101 – 250	Sedang
4	250 – 500	Lemah
5	> 500	Tidak aktif

3. HASIL

Eksplorasi sediaan nanogel berbahan ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) ini merangkum proses penyediaan simplisia nabati hingga peracikan formula. Pemeriksaan kualitas fisik formula mencakup analisis sensoris (organoleptis), derajat keasaman (pH), kemampuan penyebaran, dimensi partikel, serta tingkat penerimaan konsumen (*hedonic test*). Pengukuran potensi antioksidan menggunakan reagen DPPH diawali dari pemindaian panjang gelombang optimal serta masa reaksi (*operating time*), diteruskan dengan pencatatan nilai serapan pada ekstrak murni dan sediaan nanogel F0 (0%), F1 (2,5%), F2 (5%), serta F3 (7,5%), lalu dipungkasi dengan penentuan besaran nilai IC₅₀.

Hasil pemeriksaan organoleptis

Evaluasi sensoris ditujukan untuk meninjau penampakan wujud fisik formula mencakup rupa, corak warna, serta aroma demi memastikan keseragaman mutu, proteksi keamanan, dan kepatuhan terhadap tolok ukur farmasetik. Rekapitulasi hasil observasi visual dan pembauan produk tersebut dicantumkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Organoleptis

Sediaan	Bentuk	Warna	Bau
F0	Semi Solid	Bening	Khas Daun Kelor
F1	Semi Solid	Hijau Pekat	Khas Daun Kelor
F2	Semi Solid	Hijau Pekat	Khas Daun Kelor
F3	Semi Solid	Hijau Kehitaman	Khas Daun Kelor

Hasil pengukuran pH

Tolak ukur penting dalam mengevaluasi formula nanogel adalah inspeksi derajat keasaman (pH). Langkah pengujian ini ditempuh guna memetakan tingkat asam-basa sediaan, mengingat faktor tersebut memegang peranan krusial terhadap ketahanan mutu formula serta tingkat kenyamanan pemakaian saat bersentuhan langsung dengan jaringan kulit. Rekapitulasi angka hasil pengamatan pH nanogel ini tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran pH Sediaan

Sediaan	Pengulangan			Rata-Rata
	I	II	III	
F0	5,45	5,45	5,45	5,45
F1	5,09	5,09	5,09	5,09
F2	5,00	5,00	5,00	5,00
F3	4,93	4,93	4,93	4,93

Hasil pengujian daya sebar

Evaluasi daya sebar dikerjakan guna menilai sejauh mana kemudahan sediaan meluas di atas permukaan ketika dioleskan, yang berdampak langsung pada optimalnya perataan senyawa aktif ke seluruh area kulit sekaligus menunjang kenyamanan pemakai. Menurut rujukan kepustakaan, parameter daya sebar yang memenuhi kriteria ideal untuk produk topikal berada pada rentang 5 sampai 7 cm [11]. Catatan hasil evaluasi ketersebaran formula tersebut disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Daya Sebar

Sediaan	Daya Sebar (cm)
F0	5,40 cm
F1	5,98 cm
F2	6,10 cm
F3	6,75 cm

Hasil pengukuran partikel

Analisis dimensi partikel dijalankan dengan tujuan memetakan besaran rata-rata sekaligus tingkat keseragaman dispersi partikel di dalam formula nanogel. Karakteristik ini memegang peranan krusial guna menjamin bahwa butiran yang terbentuk telah memenuhi skala ukuran yang ditargetkan, sehingga mampu menjaga ketahanan mutu sekaligus menunjang efektivitas kerja sediaan. Pemeriksaan ini diaplikasikan dengan memanfaatkan instrumen *Particle Size Analyzer* [14]. Rekapitulasi angka hasil pengujian tersebut dapat dicermati pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Ukuran Partikel

Sediaan	Ukuran partikel (nm)
F0	101
F1	121
F2	140
F3	180

Hasil pengukuran aktivitas antioksidan dengan metode DPPH

Evaluasi daya antioksidan memanfaatkan reagen DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) ditujukan guna mengukur efektivitas formulasi nanogel dalam menetralkan senyawa radikal bebas, dengan capaian aktivitas yang direpresentasikan lewat besaran parameter nilai IC_{50} , sebagaimana dipaparkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Aktivitas Antioksidan

Sampel	Konsentrasi	Absorbansi	% Aktivitas antioksidan	Nilai IC_{50} (μ g/mL)
Ekstrak etanol daun kelor	10	0,5163	41,058	17,417
	20	0,4073	53,501	
	30	0,3097	64,650	
	40	0,2460	71,918	
	50	0,1570	82,078	
F0	10	0,8680	0,913	1206,26
	20	0,8650	1,256	
	30	0,8630	1,484	
	40	0,8590	1,941	
	50	0,8530	2,626	
F1	10	0,5230	40,297	112,774
	20	0,5123	41,514	
	30	0,5060	42,237	
	40	0,4997	42,960	
	50	0,4883	44,254	
F2	10	0,5020	42,694	67,135
	20	0,4930	43,721	
	30	0,4803	45,167	
	40	0,4697	46,385	
	50	0,4567	47,869	
F3	10	0,5270	39,840	29,045
	20	0,5090	41,895	
	30	0,4680	46,575	
	40	0,3643	58,409	
	50	0,2923	66,629	

4. PEMBAHASAN

Pengujian organoleptis merupakan tahap awal dalam evaluasi fisik sediaan farmasetik yang bertujuan untuk mengamati karakteristik sensori sediaan, meliputi bentuk, warna, dan bau. Evaluasi ini penting untuk memastikan

konsistensi sediaan dan menjamin bahwa proses formulasi tidak mengubah identitas fisik dari bahan aktif maupun basis yang digunakan. Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 3, seluruh formula (menghasilkan sediaan berbentuk *semi solid*). Bentuk *semi solid* ini menunjukkan bahwa jaringan matriks gelling agent telah terhidrasi dengan baik dan berhasil menjebak fasa cair dalam struktur tiga dimensinya. Menurut penelitian Seda et al., 2023, konsistensi *semi solid* yang stabil dan tidak terlalu cair sangat penting untuk kenyamanan aplikasi topikal, memperlama waktu kontak sediaan pada permukaan kulit, serta mempermudah daya sebar saat diusapkan. Perubahan warna dari bening menjadi hijau pekat hingga hijau kehitaman berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi ekstrak daun kelor yang ditambahkan. Daun kelor kaya akan senyawa klorofil (pigmen hijau alami tanaman) serta metabolit sekunder kelompok fenolik, flavonoid, dan tanin [19]. Makin tinggi kadar ekstrak yang dimasukkan ke dalam basis gel, makin pekat konsentrasi klorofil dan zat warna alami tersebut dalam sediaan [20].

Pengukuran pH bertujuan untuk memastikan bahwa sediaan tidak hanya memiliki stabilitas fisikokimia yang baik, tetapi juga aman dan nyaman saat diaplikasikan pada kulit tanpa menimbulkan iritasi maupun rasa kering. Berdasarkan hasil pengukuran pH pada Tabel 4, angka rata-rata derajat keasaman formula nanogel terpantau berada pada interval 4,93–5,45. Capaian pH paling tinggi tercatat pada formula pembanding F0 (5,45), yang kemudian disusul oleh F1 (5,09), F2 (5,00), dan titik terendah ditemukan pada F3 (4,93). Secara menyeluruh, setiap variasi sediaan masih memenuhi koridor pH alami mantel kulit manusia pada rentang 4,5–6,5 [18]. Kepatuhan terhadap baku mutu fisiologis ini memberikan garansi kelayakan pakai sediaan topikal tanpa memicu reaksi peradangan atau iritasi [19]. Pengukuran daya sebar difokuskan guna memetakan kapasitas meluasnya nanogel di atas bidang kulit sewaktu dibalurkan. Aspek ini berkorelasi kuat dengan kenyamanan perataan sediaan (*spreadability*), optimalisasi pelepasan zat berkhasiat, dan keseragaman konsentrasi obat pada zona sasaran. Menilik angka pada Tabel 5, rentang luas ketersebaran nanogel bergulir antara 5,40 cm sampai 6,75 cm. Keseluruhan rancangan formula ini terbukti memenuhi baku ideal produk topikal semipadat, yakni pada skala 5–7 cm [11].

Pengujian ukuran partikel merupakan salah satu parameter penting dalam karakterisasi sediaan berbasis nanoteknologi, seperti nanogel. Pengujian ini bertujuan untuk mengonfirmasi bahwa distribusi ukuran partikel berada dalam skala nanometer serta menjamin stabilitas fisiko-kimia dan efisiensi penetrasi zat aktif ke dalam jaringan kulit. Berdasarkan data pada Tabel 6, hasil pengukuran menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) menunjukkan bahwa nilai rata-rata ukuran partikel nanogel berkisar antara 101 nm hingga 180 nm. Seluruh formula (F0, F1, F2, dan F3) memenuhi kriteria ideal sistem nanopartikel topikal, yaitu berada pada rentang 10–200 nm [21]. Ukuran partikel di bawah 200 nm sangat menguntungkan secara biofarmasetika topikal karena memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang besar. Hal ini meningkatkan laju disolusi zat aktif serta memfasilitasi penetrasi pasif menembus perintang lipid pada *stratum corneum* dan saluran folikel rambut (*transfollicular pathway*) secara lebih optimal dibanding sediaan gel konvensional [22].

Evaluasi potensi antioksidan lewat pereaksi DPPH ditujukan guna menakar kemahiran formula nanogel dalam mendegradasi molekul radikal bebas yang direpresentasikan melalui besaran nilai IC_{50} ; makin rendah besaran angka IC_{50} tersebut, kian perkasa daya proteksi antioksidan yang dimilikinya [23]. Mengacu pada data analitis Tabel 7, filtrat murni ekstrak etanol kelor membukukan capaian IC_{50} di angka 17,417 $\mu\text{g/mL}$ masuk dalam klasifikasi amat kuat (IC_{50} kurang dari 50 $\mu\text{g/mL}$)—efek dari melimpahnya simpanan metabolit flavonoid serta senyawa fenolik alami di dalamnya [18]. Ketika diformulasikan ke dalam matriks nanogel, kemampuan penghambatan radikal bebas memperlihatkan pola kenaikan yang bertingkat (*dose-dependent*) selaras dengan peningkatan kadar ekstrak: F1 menorehkan angka 112,774 $\mu\text{g/mL}$ (derajat sedang), F2 menyentuh 67,135 $\mu\text{g/mL}$ (derajat kuat), dan F3 menembus level 29,045 $\mu\text{g/mL}$ (derajat amat kuat), berbanding terbalik dengan formula blanko F0 yang kehilangan aktivitas berarti lewat perolehan IC_{50} sebesar 1206,26 $\mu\text{g/mL}$ [19]. Rangkaian temuan ini menegaskan bahwa rekayasa pembawa nanogel pada formulasi F3 sukses mempertahankan stabilitas daya kerja antioksidan ekstrak kelor pada tingkat performa terbaik, didukung struktur partikel berskala nanometer yang [24].

5. KESIMPULAN

Ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam) berhasil diformulasikan ke dalam sediaan nanogel (F1 2,5%, F2 5%, dan F3 7,5%) dengan karakteristik fisik yang memenuhi standar sediaan topikal, meliputi konsistensi *semi solid*, pH fisiologis kulit (4,93–5,45), daya sebar ideal (5,40–6,75 cm), serta distribusi ukuran partikel dalam rentang nanometer (101–180 nm). Formulasi nanogel mampu mempertahankan aktivitas antioksidan ekstrak daun kelor secara *dose-dependent*, di mana F 3 (7,5%) memberikan kapasitas peredaman radikal bebas paling tinggi dengan nilai IC₅₀ sebesar 29,045 µg/mL (kategori sangat kuat), diikuti oleh F2 (67,135 µg/mL kategori kuat), dan F1 (112,774 µg/mL kategori sedang).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Farmasi dan Kesehatan Universitas Tjut Nyak Dhien atas fasilitas laboratorium dan dukungan sarana-prasarana penelitian yang telah disediakan serta seluruh pihak yang telah berkontribusi hingga terselesaikannya penyusunan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sreelatha, S., & Padma, P. R. *Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Moringa oleifera Leaves in Radical Scavenging Systems*. Food and Chemical Toxicology, 2021;148, 111-120.
- [2] Suhaenah, A., et al. Mekanisme Radikal Bebas dan Peran Antioksidan Alami dalam Farmakologi Modern. *Jurnal Sains Farmasi*, 2023; 8(2), 77-85.
- [3] Puji, T. L & Evi, K. Karakter fisik dan aktivitas antioksidan Masker *Gel Peel Off* dari Ekstrak Etanol Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis)) dengan Metode DPPH. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 2024; 4(1): 47-55.
- [4] Nusaibah, et al. Karakteristik *Face Scrub* dari Sediaan Simplisia Rumput Laut *Sargassum* sp. *Majalah Farmasetika*, 2024; 9(1): 76-90
- [5] Muna, N. Analisis kualitatif senyawa metabolit sekunder dan uji antioksidan ekstrak air daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.). *Jurnal Farmasi Medis dan Sains*, 2022; 3(1), 45-50
- [6] Sreelatha, S., & Padma, P. R. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Moringa oleifera Leaves in Radical Scavenging Systems. Food and Chemical Toxicology, 2021;148, 111-120.
- [7] Vetriselvan, S., et al. Nanogels as Novel Drug Delivery Systems: A Review on Synthesis, Characterization, and Biomedical Applications. *International Journal of Nanomedicine*, 2023;18, 1405–1422.
- [8] Singh, A., et al. Nanogel-Based Topical Delivery Systems for NSAIDs: Recent Advances, Challenges, and Future Perspectives. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2026;4(6), 279.
- [9] Putih, A., et al. Pengembangan Nanogel Ekstrak Bahan Alam Menggunakan Matriks Carbopol dan Tween 80. *Jurnal Teknologi Farmasi*, 2025; 14(1), 33-41.
- [10] Halifa, D. Z., Ahmad, A. R., & Hasnaeni. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Deklorofilasi Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) Dengan Metode DPPH. *Makassar Natural Product Journal*, 2024; 33-42.
- [11] Siti, M., J. Formulasi dan Uji Aktivitas Anti-Aging dan Tabir Surya Dari *Blemish Balm NanoCream* Yang Mengandung Vitamin C, Avobenzone, Dan Oktil Metoksisinamat. *Tesis*. Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara. 2020: 80.
- [12] Ika Julianti Tambunan, & Siti Muliani. Formulation and Antioxidant Activity Test Of Body Lotion Preparation of Ethanol Extract of Sky Mustard Leaves (*Cyanthillium cinereum* (L) H. Rob) As A Moisturizer. *JURNAL FARMASIMED (JFM)*, 2025; 7(2), 187–194
- [13] Tri Ningsih, A., Yety Lindawati, N., Nur Rahmawati, A., Potensi Antibakteri Gel Ekstrak Etanol Daun Pare (*Momordica charantia* L) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Sarjana Farmasi, P., Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, S., Bahan Alam, L., Kimia, L., & Mikrobiologi, L. 2023; 9,2
- [14] Julianty, S.M, Arianto, A., Yuandani. Determination of Sun Protection Factor of Blemish Balm Nanocream Containing Avobenzone, Octyl Methoxycinnamate, and Vitamin C. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*. 2020; 8(5): 09-13
- [15] Qamariah, N., Handayani, R., & Mahendra, A. I. (Uji Hedonik dan Daya Simpan Sediaan Salep Ekstrak Etanol Umbi Hati Tanah: Hedonik Test and Storage Test Extract Ethanol the Tubers of Hati Tanah. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 2022; 7(2), 124–131.
- [16] Maharni, A. P., Permata, B. R., & Wardani, T. S. *Formulasi Dan Uji Aktivitas Antioksidan Serum Kombinasi Minyak Atsiri Daun Mint (Mentha Piperita L) Dan Minyak Atsiri Bunga Telang (Clitoria Ternatea L) Metode*. 2025; 9, 308–327.
- [17] Muliani, S. J., et. Al. Formulasi, Uji Stabilitas Fisik dan Aktivitas Antioksidan Krim Ekstrak Etanol Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus* L.). *Journal of pharmaceutical and Health Research*. 2026; 7 (2): 80-88.

- [18] Seda, M. R., Astuti, W., & Yuniarti, E. Formulasi dan Uji Evaluasi Fisik Sediaan Gel Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) Sebagai Antioksidan. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, 2023; 10(2), 1458–1466
- [19] Pratama, A., & Handayani, S. Formulasi dan Evaluasi Mutu Fisik Sediaan Gel Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.). *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 2022; 9(1), 45–52.
- [20] Syafi'i, M., Fitriani, N., & Lestari, D. (2024). Pengaruh Konsentrasi Gelling Agent Terhadap Sifat Fisik Gel Ekstrak Herbal. *Jurnal Ilmiah Farmasi STIKES*, 11(1), 138–145.
- [21] Putri, D. A., Fitriani, L., & Rosaini, H. Formulatif dan Evaluasi Sistem Penghantaran Nanopartikel Berbasis Alam untuk Aplikasi Topikal. *Jurnal Riset Farmasi*, 2023; 3(1), 12–20.
- [22] Sari, N. M., & Ramadhan, M. Penetrasi Transdermal dan Transfolikular Sediaan Nanogel Ekstrak Tumbuhan. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*, 2022; 26(3), 101–108.
- [23] Fitriani, N., Syafi'i, M., & Lestari, D. Penentuan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Herbal Menggunakan Metode DPPH dan Aplikasi Sediaan Topikal. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 2022; 10(2), 88–95.
- [24] Nugraha, A. R., & Rahmawati, I. Formulasi Nanogel Pembawa Flavonoid: Karakterisasi dan Evaluasi Potensi Antioksidan Transdermal. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 2024; 6(1), 15–24.