



9 772686 250000

e-ISSN : 2686-2506



## Revolusi Kosmetika Topikal Melalui Formulasi Nanogel dan Nanoemulgel: Review Artikel

*Benni Iskandar<sup>1,2,3\*</sup>, Ananda Juhaifa Hijriyah<sup>1</sup>, Angelika Usti<sup>1</sup>, Bulan<sup>1</sup>, Natasya Aulia<sup>1</sup>, Siffa Thahira<sup>1</sup>, Rickha Octavia<sup>1</sup>, Ferdy Firmansyah<sup>1</sup>, Seftika Sari<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Program Studi S1 Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Riau, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi D3 Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Riau, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Teknologi Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Riau, Indonesia

\*E-mail : [benniiskandar@stifar-riau.ac.id](mailto:benniiskandar@stifar-riau.ac.id)

(Submit 18/11/2025, Revisi 21/11/2025, Diterima 12/12/2025, Terbit 25/01/2026)

### Abstrak

Nanoteknologi telah membawa revolusi dalam pengembangan sediaan kosmetika topikal dengan fokus pada peningkatan efektivitas, stabilitas, dan keamanan produk perawatan kulit, seperti krim pelembap, tabir surya, dan krim anti-aging. Artikel ini bertujuan untuk mengulas secara mendalam mengenai formulasi **nanogel** dan **nanoemulgel** dalam industri kosmetika, dengan fokus pada manfaat, tantangan, serta masalah keamanan dan toksisitas terkait penggunaannya. Sebagai sistem penghantaran inovatif, nanogel dan nanoemulgel terbukti dapat meningkatkan bioavailabilitas bahan aktif, stabilitas kimia, serta efektivitas senyawa aktif dalam formulasi topikal. Kedua sistem ini juga memungkinkan pelepasan zat aktif secara terkontrol dan meningkatkan penetrasi kulit lebih baik dibandingkan dengan formulasi konvensional. Penggunaan nanoteknologi dalam kosmetika topikal juga berpotensi memberikan perlindungan lebih baik terhadap bahan aktif dari degradasi oksidatif dan fotokimia, yang seringkali mengurangi efektivitas produk perawatan kulit konvensional. Namun demikian, meskipun menawarkan banyak manfaat, masalah terkait **keamanan** dan **toksisitas** jangka panjang masih menjadi tantangan utama yang perlu diatasi dalam pengembangan produk kosmetika berbasis nanoteknologi. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut mengenai evaluasi keamanan serta dampak jangka panjang penggunaan nanoteknologi pada kulit sangat diperlukan untuk memastikan keselamatan penggunaannya. Secara keseluruhan, nanogel dan nanoemulgel memiliki potensi besar untuk menghasilkan produk kosmetika topikal yang lebih efektif, aman, stabil, dan inovatif yang sesuai dengan kebutuhan konsumen modern. Diharapkan, pengembangan lebih lanjut dalam aspek formulasi dan evaluasi produk ini akan mendukung terciptanya solusi perawatan kulit yang lebih unggul dan ramah lingkungan.

**Kata kunci:** Nanoteknologi, kosmetika, *skincare*, nanogel, nanoemulgel,

## Pendahuluan

Perawatan kulit topikal telah lama dianggap sebagai salah satu rute pemberian senyawa aktif yang efektif langsung ke kulit, dengan keuntungan mengurangi efek sistemik dan meningkatkan kenyamanan pengguna. Namun, pengiriman senyawa melalui kulit menghadapi dua tantangan utama: bioavailabilitas yang terbatas akibat hambatan fisik, terutama pada **stratum korneum**, dan stabilitas kimia senyawa yang dapat terdegradasi oleh faktor lingkungan seperti cahaya, oksigen, suhu, dan kelembapan. Teknologi formulasi konvensional sering kali tidak cukup untuk mengatasi masalah-masalah ini, sehingga dibutuhkan pengembangan teknologi yang lebih maju (1,2).

Nanoteknologi, khususnya penggunaan **nanopartikel**, telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Dengan ukuran yang sangat kecil (biasanya kurang dari 200 nm), nanopartikel menawarkan beberapa keuntungan, seperti peningkatan luas permukaan relatif, kemampuan untuk meningkatkan kelarutan senyawa lipofilik, pelepasan obat yang terkendali atau berkelanjutan, dan penetrasi yang lebih baik ke dalam lapisan kulit yang lebih dalam. Misalnya, **nanosuspensi** telah digunakan untuk meningkatkan kelarutan dan laju pelepasan obat hidrofobik, yang pada gilirannya meningkatkan bioavailabilitasnya (3).

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi nanoteknologi telah mengalami perkembangan pesat, tidak hanya dalam bidang farmasi, tetapi juga dalam industri kosmetika. Penerapan **nanoteknologi** pada produk kosmetika telah membawa inovasi besar dalam pengembangan sediaan topikal yang lebih efektif dan efisien. Salah satu terobosan terbesar adalah penggunaan **nanogel** dan **nanoemulgel**, yang tidak hanya menawarkan keuntungan dalam meningkatkan penyerapan bahan aktif ke dalam kulit tetapi juga meningkatkan stabilitas fisik dan kimia produk kosmetik. Dengan kemampuan untuk melindungi bahan aktif dari degradasi oksidatif dan fotokimia, kedua sistem ini memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap kerusakan yang disebabkan oleh faktor lingkungan, seperti paparan sinar matahari dan oksigen. Hal ini menjadikan **nanogel** dan **nanoemulgel** sangat relevan dalam pengembangan produk kosmetika yang memerlukan penyimpanan jangka panjang dan ketahanan terhadap perubahan lingkungan (4).

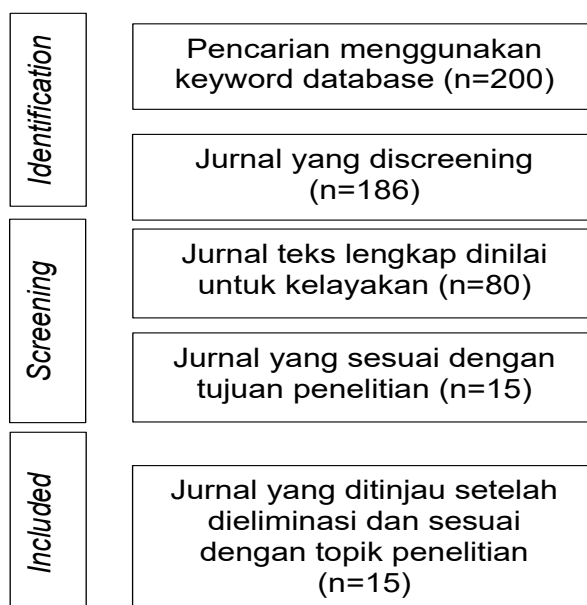
Dalam beberapa tahun terakhir, formulasi **nanogel** dan **nanoemulgel** telah dikembangkan sebagai solusi canggih untuk meningkatkan pengiriman dan stabilitas sediaan topikal. Sistem ini menggabungkan keuntungan nanoteknologi dengan keunggulan gel dan emulsi, memberikan metode yang lebih efektif untuk pengantaran bahan aktif. **Nanogel** memberikan jaringan tiga dimensi yang dapat mengenkapsulasi bahan aktif, sementara **nanoemulgel** meningkatkan kelarutan dan karakteristik pelepasan senyawa hidrofobik. Kedua sistem ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan bioavailabilitas dan stabilitas bahan aktif, yang pada gilirannya meningkatkan efektivitas perawatan topikal (5).

Selain itu, inovasi dalam formulasi nanogel dan nanoemulgel juga berpotensi mengatasi masalah-masalah klasik yang sering dihadapi dalam produk kosmetika konvensional, seperti masalah kelarutan senyawa aktif lipofilik dalam sediaan berbasis air atau ketidakstabilan emulsi. Dengan teknologi nano, bahan aktif yang sebelumnya sulit diserap oleh kulit atau tidak stabil dalam formulasi dapat dengan mudah diinkapsulasi dalam nanogel atau nanoemulgel, memungkinkan pelepasan yang lebih terkontrol dan meningkatkan penetrasi ke dalam lapisan kulit yang lebih dalam. Walaupun teknologi ini menunjukkan potensi besar, isu mengenai keamanan dan toksisitas jangka panjang dari nanopartikel dalam kosmetika tetap menjadi topik yang perlu diteliti lebih lanjut, terutama mengingat semakin banyaknya produk berbasis nanoteknologi yang beredar di pasaran. Oleh karena itu, penting untuk terus melakukan riset terkait dampak nanoteknologi pada kulit dan kesehatan secara keseluruhan untuk memastikan keamanan produk bagi konsumen (6).

Review ini bertujuan untuk fokus pada inovasi formulasi dan efektivitas **nanogel** dan **nanoemulgel** dalam kosmetologi modern, khususnya untuk pengobatan kondisi kulit. Artikel ini akan membahas manfaat potensial, tantangan, dan masalah keamanan, terutama yang berkaitan dengan toksisitas dan efek jangka panjang dari penggunaan sistem ini. Review ini juga akan membahas tren pengembangan dalam bidang ini dan mengidentifikasi celah penelitian yang perlu diperbaiki dalam studi-studi mendatang.

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *literature review* dengan penelusuran artikel ilmiah dari beberapa basis data bereputasi internasional antara lain Scopus. Proses penelusuran dilakukan dengan menggunakan kata kunci seperti “*nanotechnology in cosmetics*”, “*nanogel skincare*”, “*nanoemulgel topical formulation*”, “*solid lipid nanoparticles cosmetics*”, dan “*nanotechnology moisturizer*”.



**Gambar 1.** Alur Review

Kriteria seleksi yang digunakan dalam penelitian ini mencakup jurnal yang diterbitkan dalam bahasa Inggris dan membahas penggunaan nanoteknologi dalam formulasi nanogel dan nanoemulgel untuk aplikasi kosmetika, khususnya dalam pengiriman bahan aktif pada kulit. Hanya artikel yang dipublikasikan dalam jurnal yang terindeks di Scopus dan yang telah melalui proses peer review yang dimasukkan. Sementara itu, artikel yang tidak relevan dengan topik, seperti yang membahas nanoteknologi di bidang non-kosmetik atau yang tidak memenuhi standar validasi akademik yang baik, dikeluarkan dari seleksi.

Batasan pencarian dilakukan dengan hanya mempertimbangkan artikel yang dipublikasikan dalam lima tahun terakhir, guna memastikan kebaruan dan relevansi informasi yang diambil. Pencarian difokuskan pada artikel yang diterbitkan dalam jurnal peer-reviewed, dan artikel yang diterbitkan di prosiding konferensi atau jurnal yang tidak memiliki tingkat validasi akademik yang tinggi tidak dipertimbangkan. Hanya literatur yang relevan dengan formulasi nanogel dan nanoemulgel dalam kosmetika yang dimasukkan dalam review ini.

Dari hasil pencarian, sebanyak 200 artikel teridentifikasi, dan setelah melalui proses penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, 15 jurnal yang memenuhi kriteria inklusi dan relevansi dengan topik penelitian dipilih untuk dianalisis lebih lanjut. Gambar 1 menggambarkan alur proses review, mulai dari pencarian literatur hingga pemilihan jurnal yang sesuai dengan tujuan penelitian.

## Hasil dan Pembahasan

Pada proses pembahasan yang lebih komprehensif mengenai perkembangan penelitian terkait aplikasi nanopartikel dalam sediaan topikal, dilakukan telaah literatur terhadap 15 artikel yang telah dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi (7). Artikel-artikel tersebut membahas berbagai jenis sediaan seperti gel, nanogel, emulgel, krim, dan sistem nanopartikel lainnya dengan fokus pada peningkatan bioavailabilitas, stabilitas, serta kualitas fisik sediaan (8).

**Tabel 1.** Hasil *review* artikel utama

No	Referensi	Judul Artikel	Jenis	Sistem Aplikasi Biomedis	Bahan Aktif	Basis Gel
<b>Penghantaran Obat</b>						
1	Sah et al. (2023).	<i>Design and Development of a Topical Nanogel (chamomile nanogel). Formulation Comprising of a Unani Medicinal Agent for the Management of Pain.</i>	Nanogel	topikal Peningkatan toleransi dan efek analgesik pada model hewan.	Ekstrak chamomile. Kulit	Carbopol dan gliserol sebagai gelling agent
2	Alotaibi et al. (2023).	<i>Nano Gels:Recent Advancement in Fabrication Methods for Mitigation of Skin Cancer</i>	nanogel	Menjelaskan & aplikasi nanogel untuk perawatan kulit dan kanker kulit	Bahan aktif kosmetik antikanker	Carbopol dan HPMC

3	Badalkhani et al. (2023)	<i>Nanogel Containing Gamma oryzanol-Loaded Nanostructured Lipid Carriers and TiO<sub>2</sub>/MBBT A Synergistic Nanotechnological Approach of Potent Natural Antioxidants and Nanosized UV Filters for Skin Protection</i>	Nanogel/NLC untuk (gamma- dari sinar UV dan nano UV filter)	Perindungan oksidasi.	Gamma dan dan	oryzanol NLC berbasis lipid dengan emulsifier dan Carbopol
4	Liu et al. (2025)	<i>Innovative Solid Lipid Nanoparticle-Enriched Hydrogels for Enhanced Topical Delivery of L-Glutathione: A Novel Approach to Anti-Ageing</i>	SLN-enriched hydrogel	Peningkatan penetrasi kulit dan pelepasan terkontrol	L-Glutathione dan Hydrogel	Berbasis Carbopol dan poloxamer 407
5	Boskabadi et al. (2021).	<i>Topical Gel of Vitamin A Solid Lipid Nanoparticles: A Hopeful Promise as a Dermal Delivery System</i>	Topical gel Vitamin A.	SLN Pelepasan terkontrol peningkatan bioaktivitas.	Vitamin A. dan	SLN berbasis lipid dengan gel HPMC
6	Donthi et al. (2023)	<i>Nanoemulgel: Novel Nano Carrier as a Tool for Topical Drug Delivery.</i>	A Nanoemulgel	Meningkatkan permeasi kulit dan daya sebar.	Bahan kosmetik.	lipofilik Campuran minyak, surfaktan, dan Carbopol 934 uji FTIR adalah formula dengan kitosan 0,12 gram.
7	Mauri et al., (2023)	<i>Nanogels Based on Hyaluronic Acid as Potential Active Carriers for Dermatological and Cosmetic Applications</i>	Hyaluronic acid as nanogel.	Pelembab dan Asam perbaiki tekstur dan kulit. kosmetik	hialuronat dan bahan aktif polimer (asam hialuronat)	Nanogel berbasis HA
8	Ali et al. (2022)	<i>Development of Nanogel Loaded with Lidocaine for Wound Healing</i>	Nanogel lidocaine nanoemulsion	Meningkatkan penetrasi dan efek anestesi lokal	Lidokain	Polimer HPMC dan Carbopol 940
9	Tan et al. (2023)	<i>Development and Evaluation of Topical Zinc Oxide Nanogels Formulation Using Dendrobium anosmum</i>	Hybrid zinc oxide nanogel	Aktivitas antimikroba anti-acne	ZnO nanopartikel dan dan Dendrobium anosmum	Gel berbasis ekstrak Carbopol 934 dan gliserol
10	Parveen et al. (2023)	<i>Development of Solid Lipid Nanoparticle Gel for Transdermal Delivery System of Chaulmoogra Oil</i>	NLC nanogel herbal	ekstrak Peningkatan stabilitas dan antioksidan	Ekstrak minyak Chaulmoogra	SLN/NLC berbasis lipid dan Carbopol 940

11	Alnaim (2024)	<i>Nanocrystals in Dermal Drug Delivery</i>	Nanocrystal (anti-aging)	nanogel	Peningkatan kelarutan bioavailabilitas bahan aktif anti-aging	Retinoid, dan Q10	koenzim Gel polimer (HPMC atau Carbopol)	berbasis hidrofilik atau
12	Balogh et al. (2024)	<i>Formulation and Evaluation of Different Nanogels of Tapinarof for Treatment of Psoriasis</i>	Nanogel of (psoriasis)	topikal	Peningkatan efektivitas terapeutik dan stabilitas fisik	Tapinarof	Basis HPMC 1–3%	
13	Montoto et al. (2020)	<i>Solid Lipid Nanoparticles for Drug Delivery: Pharmacological and Biopharmaceutical Aspects</i>	Lipid Review kosmetik	SLN/NLC	Meningkatkan stabilitas lipofilik dan pelepasan	Vitamin flavonoid	dan SLN/NLC lipid padat	berbasis
9	Badalkhani et al., 2023	<i>Nanogel Containing Gamma Oryzanol and Nano UV Filters for Photoprotection</i>	Nanogel–NLC		Fotoproteksi antioksidan	& Gamma-oryzanol, UV filter	NLC–nanogel	
15	Radeva Yoncheva (2025)	<i>Nanogels—Innovative Drug Carriers for Overcoming Biological Membranes</i>	Nanogel komprehensif review		Menjelaskan parameter formulasi rheologi nanogel	Beragam aktif dan terapeutik	bahan Polimer dan multifungsi (PEG, PVA, chitosan)	hidrofilik

Menurut Sah *et al.* tahun 2023, pengembangan nanogel topikal berbasis ekstrak chamomile menghasilkan sediaan dengan peningkatan stabilitas fisik dan penurunan potensi iritasi kulit. Formulasi ini memungkinkan pelepasan terkontrol dengan tolerabilitas tinggi untuk aplikasi kosmetika berbasis bahan alami (9). Studi oleh Alotaibi dan kolega. tahun 2023, ulasan mengenai metode fabrikasi nanogel menegaskan bahwa pengendalian ukuran partikel dan muatan polimer dapat meningkatkan homogenitas serta memperbaiki stabilitas sediaan. Formulasi ini mendukung aplikasi topikal dengan efisiensi enkapsulasi yang lebih konsisten (10).

Menurut Badalkhani *et al.* tahun 2023, Formulasi nanogel yang mengandung gamma oryzanol dalam *nanostructured lipid carriers (NLC)* menunjukkan efek fotoprotektif tinggi dan stabilitas jangka panjang. Gamma oryzanol merupakan antioksidan alami yang bekerja efektif melindungi kulit dari kerusakan akibat paparan sinar UV (11). Penggunaan *NLC* sebagai sistem penghantaran berperan penting karena struktur lipidnya mampu meningkatkan enkapsulasi bahan aktif dan mengontrol pelepasannya secara bertahap. Homogenitas partikel yang baik juga membuat formulasi ini memiliki penyebaran merata di permukaan kulit, sehingga proteksi UV menjadi lebih efektif dan tidak menyebabkan iritasi (12). Hasil ini memperkuat potensi nanogel berbasis *NLC* untuk aplikasi kosmetika sunscreen dan antioksidan alami (13).

Menurut Liu *et al.* tahun 2025, Penelitian ini menyoroti formulasi hidrogel yang diperkaya dengan *solid lipid nanoparticles (SLN)* bermuatan glutathione (GSH).

Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan pada stabilitas kimia serta penetrasi kulit dibandingkan hidrogel konvensional. Glutathione adalah antioksidan kuat yang mudah teroksidasi dalam kondisi lingkungan, tetapi dengan adanya *SLN* (14), GSH dapat terlindungi dari degradasi dan dilepaskan secara terkontrol. Pelepasan yang bertahap tersebut memungkinkan efek antioksidan bertahan lebih lama, sangat relevan untuk formulasi kosmetika anti-aging atau pencerah kulit. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi sistem *SLN* dan hidrogel dapat meningkatkan efektivitas serta bioavailabilitas topikal dari bahan aktif sensitif seperti glutathione (15).

Menurut Boskabadi *et al.* tahun 2020, Formulasi gel topikal vitamin A berbasis *solid lipid nanoparticles (SLN)* memperlihatkan efisiensi enkapsulasi yang tinggi (sekitar 66%) serta pelepasan berkelanjutan. Vitamin A dikenal sangat rentan terhadap oksidasi dan degradasi akibat cahaya, namun dengan sistem *SLN*, stabilitasnya meningkat secara signifikan. Pelepasan bertahap membantu mempertahankan kadar efektif vitamin A di kulit lebih lama, mendukung efek peremajaan kulit (antiaging) secara konsisten. Selain itu, homogenitas formulasi yang baik meningkatkan kenyamanan dan efisiensi penyerapan topikal. Dengan demikian, sistem *SLN* dalam gel topikal terbukti meningkatkan stabilitas, bioaktivitas, dan efektivitas klinis vitamin A dibandingkan bentuk konvensional (16).

Menurut Donthi *et al.* tahun 2023, kajian mengenai nanoemulgel menunjukkan bahwa kombinasi fase minyak dengan surfaktan menghasilkan sistem stabil dengan daya sebar yang baik. Formulasi ini meningkatkan permeasi kulit dan pelepasan terkontrol sehingga mendukung penggunaan pada sediaan kosmetika topikal (17). Menurut Mauri *et al.* tahun 2023, nanogel berbasis asam hialuronat dirancang untuk meningkatkan hidrasi kulit dan menjaga kelembutan. Formulasi ini memungkinkan peningkatan retensi air, stabilitas viskositas, serta pelepasan terkontrol untuk aplikasi krim pelembap (18).

Studi oleh Ali *et al.* pada tahun 2022, pengembangan nanogel dengan nanoemulsi lidokain menghasilkan peningkatan penetrasi dan stabilitas fisik formulasi. Formulasi ini memungkinkan pelepasan terkontrol dan homogenitas tinggi yang dapat diadaptasi pada sediaan kosmetika fungsional (19). Studi oleh Badalkhani dan kolega tahun 2023, nanogel yang mengandung gamma oryzanol dalam kombinasi dengan nano UV filters terbukti memiliki SPF tinggi dan stabilitas baik. Formulasi ini mendukung perlindungan kulit dengan pelepasan terkontrol dan efisiensi enkapsulasi optimal (13). Studi oleh Tan *et al.* tahun 2023, *hybrid* nanogels yang mengandung zinc oxide menunjukkan aktivitas antimikroba serta kestabilan partikel yang baik. Formulasi ini memungkinkan aplikasi kosmetika untuk kulit berjerawat dengan pelepasan terkontrol dan homogenitas partikel (20).

Pada studi oleh Parveen *et al.* tahun 2023, pengembangan nanogel berbasis solid lipid nanoparticles dengan ekstrak herbal meningkatkan bioavailabilitas fitokimia dan stabilitas kimia. Formulasi ini mendukung pelepasan terkontrol dan efektivitas antioksidan dalam aplikasi kosmetika natural (21). Menurut studi oleh Alnaim dan kolega tahun 2024, pendekatan *nanocrystal* yang dimasukkan ke dalam nanogel

meningkatkan kelarutan bahan aktif antiaging. Formulasi ini memungkinkan pelepasan terkontrol dan meningkatkan efektivitas aplikasi topikal dengan efisiensi enkapsulasi yang baik (22). Pada studi oleh Balogh *et al.* tahun 2024, formulasi nanogel topikal untuk model psoriasis memperlihatkan pelepasan terkontrol dan peningkatan efektivitas terapeutik. Formulasi ini menunjukkan stabilitas fisik yang baik dan potensi diterapkan pada kosmetika fungsional (23).

Menurut Montoto *et al.* tahun 2020, ulasan mengenai solid lipid nanoparticles menunjukkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan stabilitas bahan lipofilik dan mengurangi degradasi oksidatif. Formulasi ini mendukung pelepasan terkontrol untuk kosmetika berbasis minyak dengan homogenitas partikel terjaga (24). Studi oleh Radeva *et al.* tahun 2025, tinjauan komprehensif tentang nanogel menekankan pentingnya kontrol ukuran partikel dan rheologi dalam menjaga kualitas sediaan. Formulasi ini memungkinkan pelepasan terkontrol, homogenitas tinggi, dan potensi besar untuk aplikasi kosmetika modern (26).

Stabilitas merupakan salah satu aspek penting dalam formulasi kosmetika karena menentukan efektivitas dan masa simpan produk (27). Berdasarkan telaah literatur, penggunaan nanoteknologi dalam bentuk nanogel, nanoemulgel, maupun nanopartikel lipid padat terbukti mampu meningkatkan stabilitas zat aktif. Misalnya, vitamin A dan flavonoid yang mudah mengalami degradasi oksidatif dapat terlindungi lebih baik ketika dienkapsulasi dalam nanopartikel (25). Ukuran partikel yang kecil serta keberadaan matriks polimer atau lipid berfungsi sebagai pelindung sehingga bahan aktif menjadi lebih tahan terhadap pengaruh cahaya, suhu, dan oksidasi. Dengan demikian, teknologi nano tidak hanya memperpanjang umur simpan produk kosmetika, tetapi juga menjamin kualitas bahan aktif tetap terjaga sepanjang penggunaan (28).

Analisis perbandingan antara hasil-hasil yang ditemukan dalam studi-studi ini menunjukkan peningkatan bioavailabilitas dan stabilitas sediaan setelah dibuatnya nanogel dan nanoemulgel. Misalnya, pada studi oleh Sah *et al.* (2023), nanogel berbasis ekstrak chamomile menunjukkan peningkatan stabilitas fisik dan penurunan potensi iritasi kulit jika dibandingkan dengan sediaan konvensional. Tabel 1 menunjukkan bahwa setelah diformulasikan menjadi nanogel, aktivitasnya meningkat secara signifikan, yang dapat dilihat dari data tolerabilitas kulit yang lebih baik dan efek analgesik yang lebih efektif pada model hewan (9). Sebagai perbandingan, pada studi oleh Alotaibi *et al.* (2023), formulasi nanogel yang lebih homogen dan dengan ukuran partikel yang terkendali menunjukkan peningkatan stabilitas dan efisiensi enkapsulasi yang lebih baik. Hal ini berkontribusi pada efektivitas sediaan topikal dalam aplikasi untuk kanker kulit. Perbedaan hasil ini dibandingkan dengan formulasi sebelumnya yang tidak menggunakan teknologi nanoteknologi adalah peningkatan signifikan dalam efisiensi enkapsulasi bahan aktif (10).

Selain itu, penting untuk membahas lebih mendalam tentang parameter-formulasi yang telah disebutkan dalam pendahuluan, seperti ukuran partikel, pH, konsentrasi, drug loading, dan efficiency entrapment, yang sangat mempengaruhi kinerja sediaan nanogel dan nanoemulgel. Sebagai contoh, ukuran partikel yang lebih kecil dalam

nanogel memungkinkan penetrasi yang lebih dalam ke dalam kulit dan meningkatkan bioavailabilitas bahan aktif, sedangkan kontrol pH dan konsentrasi dalam formulasi memastikan kestabilan dan kenyamanan aplikasi. Dalam beberapa studi, seperti yang dilaporkan oleh Liu *et al.* (2025), penggunaan **Solid Lipid Nanoparticles (SLN)** dalam kombinasi dengan hidrogel meningkatkan stabilitas kimia dan penetrasi kulit dibandingkan dengan sediaan konvensional (14).

Namun, meskipun nanoteknologi memberikan banyak keuntungan, ada tantangan terkait dengan risiko nanotoksitas, regulasi, dan skalabilitas produksi. Ukuran partikel yang sangat kecil dalam nanogel dan nanoemulgel dapat berpotensi menyebabkan interaksi yang tidak diinginkan dengan sel atau jaringan kulit, yang memerlukan uji toksitas yang lebih komprehensif. Selain itu, pengaturan regulasi yang ketat terkait penggunaan nanomaterial dalam kosmetika dan tantangan dalam memproduksi nanogel dalam skala besar perlu diperhatikan untuk memastikan produk ini aman digunakan dalam jangka panjang (29, 30).

Secara keseluruhan, penggunaan nanoteknologi dalam kosmetika topikal, terutama dalam bentuk nanogel dan nanoemulgel, menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efektivitas, stabilitas, dan kualitas produk. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi tantangan terkait nanotoksitas, biaya produksi, dan regulasi, serta untuk meningkatkan adopsi teknologi ini secara lebih luas dalam industri kosmetika.

Meskipun nanoteknologi menawarkan banyak keunggulan, aspek keamanan tetap menjadi perhatian penting. Ukuran partikel yang sangat kecil berpotensi menimbulkan interaksi yang tidak diinginkan dengan sel atau jaringan kulit (29,30). Oleh karena itu, uji toksitas dan keamanan jangka panjang perlu dilakukan secara komprehensif. Selain itu, tantangan lain yang perlu diperhatikan adalah biaya produksi, standarisasi metode formulasi, serta regulasi internasional yang ketat terkait penggunaan nanomaterial dalam kosmetika. Tantangan ini sekaligus membuka peluang penelitian lebih lanjut untuk memastikan bahwa produk kosmetika berbasis nanoteknologi tidak hanya efektif, tetapi juga aman digunakan dalam jangka panjang (15).

## Kesimpulan

Sistem nanogel, nanoemulgel, *solid lipid nanoparticles (SLN)*, serta nanosuspensi memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas produk skincare. Penerapan nanoteknologi terbukti mampu meningkatkan stabilitas bahan aktif, memperbaiki homogenitas formulasi, serta mendukung pelepasan zat aktif yang lebih terkontrol sehingga efektivitas klinis maupun fungsional dapat tercapai. Dalam sediaan kosmetika seperti krim pelembap, *sunscreens*, dan krim anti-aging, teknologi nanopartikel juga membantu memperbaiki serta meningkatkan penetrasi terhadap kulit, daya sebar, dan meningkatkan kenyamanan penggunaan. Hal ini menunjukkan bahwa nanoteknologi merupakan pendekatan menjanjikan untuk menciptakan kosmetika yang lebih aman, efektif, dan lebih inovatif. Namun, meskipun nanoteknologi memiliki potensi besar, terdapat beberapa celah penelitian yang perlu diperhatikan. Salah satu celah

utama adalah risiko **toksistas jangka panjang** dari nanopartikel, yang masih memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan keamanan produk berbasis nanoteknologi bagi pengguna dalam jangka panjang. Selain itu, tantangan lain adalah **standarisasi metode formulasi** dan pengendalian kualitas produk, yang dapat mempengaruhi hasil konsistensi dan keberhasilan produk kosmetika berbasis nanoteknologi.

Penting untuk mengeksplorasi lebih lanjut bagaimana inovasi dalam nanoteknologi ini dapat diterapkan pada skala komersial yang lebih besar. Salah satu tantangan besar dalam penerapan nanoteknologi pada produk kosmetika adalah **skalabilitas produksi**. Untuk mewujudkan potensi besar ini di pasar kosmetika, diperlukan riset lebih lanjut untuk mengembangkan metode produksi yang efisien, aman dan ramah biaya. Selain itu, regulasi yang ketat terkait penggunaan nanomaterial dalam kosmetika perlu disesuaikan dengan kemajuan teknologi untuk memastikan produk ini aman dan efektif dalam jangka panjang. Secara keseluruhan, meskipun teknologi nanogel dan nanoemulgel menunjukkan hasil yang menjanjikan, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi tantangan terkait keamanan, regulasi dan skalabilitas agar dapat memaksimalkan potensi inovasi ini dalam kosmetika komersial.

## Daftar Pustaka

1. Alhasso, B., Ghori, M. U., Rout, S. P. & Conway, B. R. Development of a Nanoemulgel for the Topical Application of Mupirocin is effective releases Mupirocin connected acid promising in vitro antibacterial activity especially - resistant life ( < 30 min ) and the emergence of bacterial resistance [ 26 ]. *Fur.* 1–26 (2023).
2. Khairunnisa, A., Lipoeto, N. I., Fasrini, U. U. & Manela, C. Korelasi Konsumsi Makronutrien dengan Kadar Gula Darah Puasa pada Penderita Obesitas Tahun 2022. 261–267 (2022).
3. Patil, S. S. *et al.* Development of topical silver nano gel formulation of Bixin : Characterization , and evaluation of anticancer activity. *Saudi Pharm. J.* **32**, 102125 (2024).
4. Hikmah, A. M. & Oktaviani, C. Kadar Trigliserida Pada Pasien Diabetes. *Jurnal ilmiah kedokteran.* (2022)
5. Wahyuni, B. R., Dhiemitra, A., Dewi, A. & Hariawan, M. H. Hubungan Kualitas Diet dengan Kadar Glukosa Darah pada Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2 di Kota Yogyakarta The Correlation between Diet Quality and Blood Glucose Levels in Type 2 Diabetes Mellitus Patients in Yogyakarta Municipality. **7**, 252–260 (2023).
6. Zahwa, A., Khairunnisa, A., Cahyono, J. & Utami, K. D. Hubungan Tingkat Konsumsi Energi dengan Kadar Glukosa Darah pada Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2 di RSUD Abdoel Wahab Sjahranie Samarinda. **1**, 479–490 (2022).
7. Raszewska-famielec, M. Nanoparticles for Topical Application in the Treatment of Skin Dysfunctions — An Overview of Dermo-Cosmetic and Dermatological Products. (2022).
8. Sifaka, P. I., Bülbül, E. Ö., Okur, M. E. & Karantas, I. D. The Application of Nanogels as Efficient Drug Delivery Platforms for Dermal / Transdermal Delivery. 1–21 (2023)..

9. Sah, A. *et al.* Design and Development of a Topical Nanogel Formulation Comprising of a Unani Medicinal Agent for the Management of Pain. *Gels* **9**, (2023).
10. Alotaibi, G. *et al.* Nano-Gels: Recent Advancement in Fabrication Methods for Mitigation of Skin Cancer. *Gels* **9**, (2023).
11. Fadilah, A., Putri, Y., Decroli, E. & Nasrul, E. Artikel Penelitian Hubungan Derajat Obesitas dengan Kadar Gula Darah Puasa pada Masyarakat di Kelurahan Batung Tabu dan Kelurahan Korong Gadang, Kota Padang. **4**, 707–711.
12. Rumah, D. I., Ibu, S., Anak, D. A. N. & Fauzan, A. L. Gambaran Kadar Gula Darah Puasa Dan Hba1c Dengan Pasien Diabetes Melitus Tipe Ii Pendahuluan. **2**, 58–67 (2023).
13. Badalkhani, O. *et al.* Nanogel Containing Gamma-Oryzanol-Loaded Nanostructured Lipid Carriers and TiO<sub>2</sub>/MBBT: A Synergistic Nanotechnological Approach of Potent Natural Antioxidants and Nanosized UV Filters for Skin Protection. *Pharmaceuticals* **16**, (2023).
14. Polii, R. C. & Kepel, B. J. Hubungan kadar glukosa darah puasa dengan obesitas pada remaja di Kecamatan Bolangitang Barat Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. **4**, 2–7 (2016).
15. Liu, M. *et al.* Innovative Solid Lipid Nanoparticle-Enriched Hydrogels for Enhanced Topical Delivery of L-Glutathione: A Novel Approach to Anti-Ageing. *Pharmaceutics* **17**, 1–29 (2025).
16. Boskabadi, M., Saeedi, M., Akbari, J., Morteza-semnani, K. & Hassan, S. M. Topical Gel of Vitamin A Solid Lipid Nanoparticles: A Hopeful Promise as a Dermal Delivery System. *Tabriz Univ. Med. Sci.* **11**, 663–674 (2021).
17. Donthi, M. R. *et al.* Nanoemulgel: A Novel Nano Carrier as a Tool for Topical Drug Delivery. *Pharmaceutics* **15**, 1–28 (2023).
18. Mauri, E. & Scialla, S. Nanogels Based on Hyaluronic Acid as Potential Active Carriers for Dermatological and Cosmetic Applications. *Cosmetics* **10**, 1–19 (2023).
19. Ali, A. *et al.* Development of Nanogel Loaded with Lidocaine for Wound-Healing: Illustration of Improved Drug Deposition and Skin Safety Analysis. *Gels* **8**, (2022).
20. Tan, Y. Y. *et al.* Development and Evaluation of Topical Zinc Oxide Nanogels Formulation Using Dendrobium anosmum and Its Effect on Acne Vulgaris. *Molecules* **28**, 1–17 (2023).
21. Parveen, R., Samal, M., Nafis, Mukhtar, H. M. & Ahmad, S. Development of solid lipid nanoparticle gel for transdermal delivery system of chaulmoogra oil. *Explor. Med.* **4**, 176–188 (2023).
22. Alnaim, A. S. Nanocrystals in Dermal Drug Delivery: A Breakthrough for Enhanced Skin Penetration and Targeted Skin Disorder Treatments. *Pharmaceutics* **16**, (2024).
23. Balogh, B. *et al.* Formulation and Evaluation of Different Nanogels of Tapinarof for Treatment of Psoriasis. *Gels* **10**, (2024).
24. Montoto, S. S., Muraca, G. & Ruiz, M. E. Solid Lipid Nanoparticles for Drug Delivery: Pharmacological and Biopharmaceutical Aspects. **7**, 1–24 (2020).
25. Radeva, L. *et al.* Biopolymeric Nanogel as a Drug Delivery System for Doxorubicin Improved Drug Stability and Enhanced Antineoplastic Activity in Skin Cancer Cells. *Pharmaceuticals* **17**, (2024).

26. Radeva, L. & Yoncheva, K. Nanogels—Innovative Drug Carriers for Overcoming Biological Membranes. *Gels* **11**, (2025).
27. Khairunnisa, A., A. Gambaran Kadar Gula Darah Puasa Dan HbA1c Dengan Pasien Diabetes Melitus Tipe II Di Rumah Sakit Ibu Dan Anak Al Fauzan Jakarta. (2023).
28. Argimón, M. *et al.* Development and characterization of Vitamin A-loaded solid lipid nanoparticles for topical application. *J. Braz. Chem. Soc.* **28**, 1177–1184 (2017).
29. Benni Iskandar, Amanda Herlina Putri, Atika Nurfadhila Mardani, Erra Manisa Putri, Evlyn Cyntia Uli Tamba, Firda Aulia, Sriayu Rahmadani, Wigati Handini, Windya Wulandari, Zelvy Rahman Utami, Citra Safitri Wirman. Potensi Sediaan Nanogel dari Bahan Alami dalam Regenerasi Jaringan: Strategi Baru Pengobatan Luka Bakar. **Majalah Farmasetika**, (2025). ISSN 2686-2506.
29. Baharuddin Yusuf, Syahida Nafisah, Novianti Nuril Inayah. *Journal, P. M. Literatur Review* : Gula Darah Puasa Pada Penyakit Diabetes Melitus. **6**, 28–33 (2023).

