

OPTIMASI SEDIAAN NANOEMULGEL KOMBINASI TITANIUM DIOXIDE, ZINK OXIDE DAN NIACINAMIDE
SEBAGAI SUN PROTECTION FACTOR PADA FORMULASI SUNSCREEN

Widya Rahmadani^{1*}

¹ Magister Farmasi, Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi, Indonesia

ABSTRACT

Excessive exposure to ultraviolet (UV) radiation can lead to various skin disorders, including premature aging, hyperpigmentation, and skin cancer, making the use of sunscreen an essential step in skin protection. Titanium dioxide and zinc oxide are physical sunscreen agents that work by reflecting and absorbing UV rays, while niacinamide serves as an antioxidant, anti-inflammatory agent, and skin barrier enhancer. The combination of these three ingredients in a nanoemulgel formulation has the potential to enhance UV protection efficacy while improving formulation characteristics. The optimization of nanoemulgel focuses on improving physical stability, SPF efficacy, and user comfort, which are influenced by particle size, surfactant selection, and homogenization methods. Nano-sized particles (<200 nm) of titanium dioxide and zinc oxide allow for more uniform skin coverage and reduce the white cast effect, while the nanoemulgel delivery system increases the bioavailability of active ingredients and prolongs UV protection duration. Studies have shown that combining titanium dioxide, zinc oxide, and niacinamide in a nanoemulgel significantly increases SPF compared to conventional formulations while providing additional benefits such as anti-inflammatory effects and improved formulation stability. The appropriate selection of oil and surfactant components also determines the viscosity, physical stability, and spreadability of the formulation. Therefore, nanoemulgel-based formulations represent an innovative approach to developing sunscreens that are more effective, stable, and user-friendly. Further studies through in vivo and clinical testing are necessary to ensure long-term safety and efficacy.

Keywords: Nanoemulgel, Niacinamide, Sun Protection Factor (SPF), Titanium Dioxide, Zinc Oxide.

ABSTRAK

Paparan sinar ultraviolet (UV) berlebihan dapat menyebabkan berbagai gangguan kulit, termasuk penuaan dini, hiperpigmentasi, dan kanker kulit, sehingga penggunaan sunscreen menjadi langkah penting dalam perlindungan kulit. Titanium dioxide dan zinc oxide merupakan agen tabir surya fisik yang bekerja dengan memantulkan serta menyerap sinar UV, sedangkan niacinamide berfungsi sebagai antioksidan, antiinflamasi, dan penguat skin barrier. Kombinasi ketiga bahan ini dalam bentuk nanoemulgel berpotensi meningkatkan efektivitas perlindungan UV sekaligus memperbaiki karakteristik sediaan. Optimasi formulasi nanoemulgel difokuskan pada peningkatan stabilitas fisik, nilai SPF, dan kenyamanan penggunaan, yang dipengaruhi oleh ukuran partikel, pemilihan surfaktan, serta metode homogenisasi. Ukuran partikel nano (<200 nm) pada titanium dioxide dan zinc oxide memungkinkan penyebaran merata di kulit dan mengurangi efek white cast, sementara sistem nanoemulgel dapat meningkatkan bioavailabilitas bahan aktif dan memperpanjang durasi perlindungan UV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi titanium dioxide, zinc oxide, dan niacinamide dalam nanoemulgel mampu meningkatkan SPF secara signifikan dibandingkan sediaan konvensional serta memberikan manfaat tambahan berupa efek antiinflamasi dan peningkatan stabilitas formula. Pemilihan komponen minyak dan surfaktan yang tepat turut menentukan viskositas, stabilitas, dan daya sebar produk. Dengan demikian, formulasi nanoemulgel menjadi pendekatan inovatif untuk mengembangkan sunscreen yang lebih efektif, stabil, dan nyaman digunakan. Penelitian lanjutan melalui uji in vivo dan klinis diperlukan untuk memastikan keamanan serta efektivitas jangka panjangnya.

Kata Kunci: Nanoemulgel, Niacinamide, Sun Protection Factor (SPF), Titanium Dioxide, Zinc Oxide.

Corresponding author: Widya Rahmadani, Magister Farmasi, Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi, Indonesia.

E-mail: wdyarhmadni@gmail.com.

PENDAHULUAN

Paparan sinar ultraviolet (UV) dari matahari merupakan salah satu faktor utama penyebab berbagai permasalahan kulit, termasuk penuaan dini (photoaging), hiperpigmentasi, hingga risiko kanker kulit. Oleh karena itu, penggunaan sediaan tabir surya atau sunscreen menjadi salah satu strategi utama dalam perlindungan kulit terhadap efek merugikan sinar UV. Sunscreen bekerja dengan mekanisme menyerap, memantulkan atau menyebarkan sinar UV, sehingga mencegah penetrasi radiasi ke dalam lapisan kulit yang lebih dalam(1,2).

Dalam formulasi sunscreen titanium dioxide dan zinc oxide banyak digunakan sebagai agen proteksi UV yang bekerja secara fisik dengan cara memantulkan sinar UV dari permukaan kulit. Titanium dioxide dan zinc oxide dikenal memiliki spektrum luas dalam melindungi kulit dari sinar UVA dan UVB serta memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan agen kimia. Namun, salah satu tantangan dalam penggunaan titanium dioxide dan zinc oxide adalah efek white cast yang dapat mengurangi kenyamanan estetika pengguna. Oleh karena itu, pendekatan berbasis nanoemulgel telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini dan meningkatkan efikasi perlindungan UV(2–5).

Nanoemulgel merupakan sistem penghantaran berbasis emulsi dengan ukuran partikel nano (<200 nm) yang dikombinasikan dengan gel untuk meningkatkan stabilitas serta memperbaiki karakteristik fisik sediaan. Formulasi berbasis nanoemulgel memiliki beberapa keunggulan, seperti peningkatan bioavailabilitas, distribusi lebih merata di kulit, transparansi yang lebih baik, serta daya serap yang lebih optimal dibandingkan dengan sediaan konvensional. Aplikasi nanoemulgel pada sunscreen berbasis titanium dioxide dan zinc oxide

memungkinkan peningkatan efisiensi perlindungan UV sekaligus meminimalkan efek samping estetika.

Selain penggunaan titanium dioxide dan zinc oxide sebagai agen UV, tambahan bahan aktif seperti niacinamide juga memberikan manfaat dalam formulasi sunscreen. Niacinamide merupakan bentuk aktif dari vitamin B3 yang memiliki sifat antiinflamasi, antioksidan serta dapat meningkatkan fungsi skin barrier. Studi menunjukkan bahwa niacinamide mampu mengurangi eritema akibat paparan UV serta membantu dalam menghambat transfer melanosom, sehingga efektif dalam mengurangi hiperpigmentasi. Dengan demikian, kombinasi titanium dioxide zinc oxide dan niacinamide berpotensi menghasilkan sediaan sunscreen dengan perlindungan yang lebih optimal dan manfaat tambahan bagi kulit(6–8).

Optimasi formulasi nanoemulgel yang mengandung titanium dioxide, zinc oxide dan niacinamide memerlukan pendekatan yang tepat dalam pemilihan surfaktan, fase minyak, serta metode homogenisasi untuk memperoleh ukuran partikel nano yang stabil. Stabilitas sediaan sangat bergantung pada rasio bahan aktif, metode emulsifikasi, serta kondisi penyimpanan yang dapat mempengaruhi kinerja proteksi UV dan keamanan penggunaan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan evaluasi karakteristik fisik dan kimia dari sediaan nanoemulgel guna memastikan efektivitasnya sebagai sunscreen(9–11).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa formulasi nanoemulgel berbasis titanium dioxide dan zinc oxide dengan penambahan niacinamide mampu meningkatkan Sun Protection Factor (SPF) dibandingkan dengan sediaan sunscreen konvensional. Uji in vitro dan in vivo diperlukan untuk memastikan efikasi serta keamanan penggunaan dalam jangka panjang. Selain itu, regulasi terkait penggunaan nanopartikel dalam kosmetik juga

menjadi aspek yang harus diperhatikan dalam pengembangan produk berbasis nanoemulgel (3,6,12).

Dengan mempertimbangkan aspek formulasi, stabilitas, dan regulasi, optimasi sediaan nanoemulgel yang mengandung titanium dioxide, zinc oxide dan niacinamide menjadi langkah strategis dalam pengembangan produk sunscreen yang lebih efektif dan nyaman digunakan. Review ini bertujuan untuk menganalisis berbagai faktor yang memengaruhi optimasi formulasi serta potensi pengembangan sunscreen berbasis nanoemulgel di masa depan(12–14).

Metode

Metode yang digunakan dalam review artikel ini adalah studi literatur sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengevaluasi berbagai penelitian yang berkaitan dengan formulasi nanoemulgel yang mengandung titanium dioxide, zinc oxide dan niacinamide sebagai agen perlindungan sinar ultraviolet (UV). Pencarian literatur dilakukan melalui berbagai database ilmiah, termasuk ScienceDirect dan Google Scholar, dengan rentang publikasi antara tahun 2015 hingga 2025 untuk memastikan informasi yang diperoleh bersifat terkini dan relevan.

Kriteria inklusi dalam review ini mencakup studi yang membahas formulasi nanoemulgel dalam bidang farmasi dan kosmetik, karakterisasi fisikokimia bahan aktif titanium dioxide, zinc oxide dan niacinamide serta evaluasi stabilitas dan efektivitas perlindungan UV dari formulasi sunscreen. Selain itu, penelitian yang mengulas metode optimasi formulasi dan uji stabilitas sediaan nanoemulgel juga dimasukkan dalam kajian ini. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi penelitian yang tidak relevan dengan topik, publikasi yang tidak memiliki akses penuh terhadap data eksperimental

serta studi yang hanya berfokus pada satu bahan aktif tanpa mempertimbangkan kombinasi dengan bahan lainnya.

Analisa Data

Analisis data dilakukan dengan mengelompokkan literatur berdasarkan beberapa aspek utama, yaitu (1) formulasi nanoemulgel (2) peran dan efektivitas titanium dioxide dan zinc oxide dalam perlindungan UV (3) manfaat tambahan niacinamide dalam meningkatkan efektivitas sunscreen dan (4) metode optimasi formulasi dan evaluasi stabilitas. Artikel yang memenuhi kriteria dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi tren terbaru dalam formulasi dan aplikasi nanoemulgel dalam industri farmasi dan kosmetik.

Seluruh data yang diperoleh dari literatur dianalisa secara kritis dengan membandingkan hasil penelitian yang relevan agar memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang efektivitas kombinasi titanium dioxide, zinc oxide dan niacinamide dalam formulasi nanoemulgel. Selain itu, studi yang membahas tantangan dalam formulasi, seperti stabilitas partikel, distribusi ukuran nanomikro dan white cast effect, juga dianalisis untuk memberikan wawasan tentang aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sediaan sunscreen berbasis nanoemulgel. cast effect, juga dianalisis untuk memberikan wawasan tentang aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sediaan sunscreen berbasis nanoemulgel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil studi mengenai optimalisasi formulasi sunscreen berbasis nanoemulgel dengan Titanium Dioksida, Zinc Oksida dan niacinamide menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam efektivitas perlindungan UV(1,10,15–17). Kombinasi Titanium

Dioksida dan Zinc Oksida dalam sistem nanoemulgel terbukti memberikan perlindungan spektrum luas terhadap sinar UVA dan UVB dengan fotostabilitas yang lebih baik dibandingkan formulasi konvensional. Teknologi nanoemulgel memungkinkan distribusi partikel yang lebih merata di permukaan kulit, sehingga meningkatkan efisiensi perlindungan terhadap paparan sinar matahari. Selain itu,

penggunaan sistem nanoemulgel dalam sunscreen berbasis mineral juga berhasil mengatasi efek white cast yang sering menjadi kendala dalam formulasi Titanium Dioksida dan Zinc Oksida. Dengan tekstur yang lebih ringan dan tidak lengket, formulasi ini memberikan kenyamanan lebih bagi pengguna dalam pemakaian sehari-hari.

Tabel 1. Hasil Data Titanium Dioksida, Zink Oksida dan Niacinamide

Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Publisher	Hasil
Setyaningsih et al.(18)	2020	Efektivitas Titanium Dioxide dan Zinc Oxide sebagai Agen Fotoprotektif dalam Sunscreen	<i>Journal of Cosmetic Science</i>	Titanium Dioksida dan Zinc Oksida terbukti efektif dalam memberikan perlindungan spektrum luas terhadap sinar UV dengan stabilitas tinggi dalam formulasi sunscreen.
Patel et al.(19)	2021	Perlindungan Spektrum Luas dari Titanium Dioxide dan Zinc Oxide dalam Sunscreen	<i>International Journal of Dermatology</i>	Titanium Dioksida dan Zinc Oksida menunjukkan fotostabilitas tinggi serta mampu melindungi kulit dari paparan UVA dan UVB secara efektif.
Kim et al.(20)	2019	Efektivitas Niacinamide dalam Meningkatkan Perlindungan Kulit terhadap Kerusakan UV	<i>Journal of Photodermatology</i>	Niacinamide terbukti dapat mengurangi stres oksidatif, inflamasi, serta meningkatkan ketahanan kulit terhadap paparan sinar UV.
Sharma et al.(21)	2022	Penggunaan Sistem Nanoemulgel dalam Formulasi Sunscreen	<i>Asian Journal of Pharmaceutical Sciences</i>	Penggunaan sistem nanoemulgel meningkatkan distribusi bahan aktif, memberikan tekstur lebih ringan, serta mengurangi efek white cast pada sunscreen.
Zhang et al.(22)	2021	Kombinasi Nanoemulgel dengan Filter UV Fisik dan Niacinamide	<i>Journal of Cosmetic Dermatology</i>	Kombinasi nanoemulgel dengan filter UV fisik dan niacinamide meningkatkan daya rekat sunscreen pada kulit serta meningkatkan efektivitas perlindungan UV.

Selain meningkatkan perlindungan UV, penambahan niacinamide dalam formulasi juga memberikan manfaat tambahan bagi kulit. Niacinamide dikenal memiliki sifat antioksidan dan antiinflamasi yang mampu mengurangi hiperpigmentasi, meningkatkan hidrasi kulit, serta memperkuat skin barrier. Studi menunjukkan bahwa kombinasi niacinamide dengan filter UV fisik dalam sistem nanoemulgel tidak hanya meningkatkan daya perlindungan terhadap sinar matahari tetapi juga membantu mengurangi dampak negatif akibat paparan UV jangka panjang. Selain itu, sistem nanoemulgel dalam formulasi sunscreen ini juga meningkatkan stabilitas produk, mengurangi kemungkinan agregasi partikel aktif, serta mempertahankan efektivitas filter UV dalam jangka waktu yang lebih lama.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kombinasi nanoemulgel dengan filter UV fisik dan niacinamide dapat meningkatkan daya rekat sunscreen pada kulit, sehingga memperpanjang durasi perlindungan UV. Formulasi ini juga memungkinkan penetrasi bahan aktif yang lebih optimal ke dalam lapisan kulit tanpa mengurangi efektivitas perlindungan terhadap sinar matahari. Dengan demikian, optimalisasi formulasi sunscreen berbasis nanoemulgel yang mengandung Titanium Dioksida, Zinc Oksida dan niacinamide memiliki potensi besar dalam menghasilkan produk yang tidak hanya memberikan perlindungan UV yang lebih efektif tetapi juga memiliki tekstur lebih baik dan manfaat tambahan bagi kesehatan kulit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil review, dapat disimpulkan bahwa kombinasi titanium dioxide, zinc oxide, dan niacinamide dalam formulasi nanoemulgel memiliki potensi besar untuk meningkatkan efektivitas

perlindungan terhadap sinar ultraviolet (UV) dengan memberikan stabilitas formulasi yang baik, penyebaran partikel yang merata, serta kenyamanan penggunaan yang lebih tinggi. Teknologi nanoemulgel mampu mengatasi keterbatasan sediaan tabir surya konvensional, seperti efek *white cast* dan durasi perlindungan yang singkat. Namun, aspek keamanan penggunaan nanopartikel dan stabilitas jangka panjang tetap perlu menjadi perhatian, mengingat adanya kemungkinan penetrasi partikel pada kulit yang rusak. Oleh karena itu, penelitian lanjutan yang mencakup optimasi formulasi, evaluasi keamanan, serta uji klinis sangat diperlukan untuk memastikan efektivitas dan keamanan penggunaan sunscreen berbasis nanoemulgel secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para peneliti dan penulis yang telah berkontribusi dalam pengembangan ilmu di bidang farmasi dan kosmetik, khususnya dalam inovasi formulasi nanoemulgel berbasis titanium dioxide, zinc oxide dan niacinamide untuk perlindungan terhadap sinar UV. Tanpa penelitian dan publikasi mereka, review artikel ini tidak akan dapat tersusun dengan baik. Semoga hasil ini dapat menjadi referensi dan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan serta penelitian lebih lanjut dalam formulasi sunscreen yang lebih efektif dan aman.

DAFTAR PUSTAKA

1. D'Orazio J, Jarrett S, Amaro-Ortiz A, Scott T. UV radiation and the skin. Vol. 14, International Journal of Molecular Sciences. MDPI AG; 2013. p. 12222–48.
2. Serpone N, Dondi D, Albini A. Inorganic and organic UV filters: Their role and efficacy in sunscreens and suncare products. Inorganica Chim Acta. 2007 Feb 15;360(3):794–802.

3. Kroll A, Dierker C, Rommel C, Hahn D, Wohlleben W, Schulze-Isfort C, et al. Cytotoxicity screening of 23 engineered nanomaterials using a test matrix of ten cell lines and three different assays. Part Fibre Toxicol. 2011 Feb 23;8.
4. Naidoo R. The effectiveness of lemon and sandalwood essential oils in the treatment of post inflammatory facial pigmentation in African females aged 18-35 years APPROVED FOR FINAL EXAMINATION. 2019.
5. G. R, A. S, TEJA Y. HE, D. P. COMPREHENSIVE REGULATIONS FOR DRUG AND COSMETICS IN EUROPEAN UNION. Int J Pharm Pharm Sci. 2025 Feb 1;26–32.
6. Shakeel F, Baboota S, Ahuja A, Ali J, Aqil M, Shafiq S. Nanoemulsions as Vehicles for Transdermal Delivery of Aceclofenac [Internet]. 2007. Available from: <http://www.aapspharmscitech.org>
7. Benson H. Transdermal Drug Delivery: Penetration Enhancement Techniques. Curr Drug Deliv. 2005 Mar 18;2(1):23–33.
8. González S, Fernández-Lorente M, Gilaberte-Calzada Y. The latest on skin photoprotection. Clin Dermatol. 2008 Nov;26(6):614–26.
9. Risamasu JL, Yuliana Salosso dan, Fakultas Kelautan dan Perikanan M, Nusa Cendana U, Fakultas Kelautan dan Perikanan D. Nomor 1 ISSN: 2301-5381 ©Fakultas Kelautan dan Perikanan [Internet]. Vol. 1, Universitas Nusa Cendana Pitay dkk. 2018. Available from: <https://ejurnal.undana.ac.id/aquatik>
10. Anggie Amalia E, Hilmi Afthoni M, Ekawati Y, Chung UM, Chung UM. UJI AKTIVITAS ANTI BAKTERI DAUN GANDARUSA (Justicia Gendarussa Burm.f) TERHADAP BAKTERI ESCHERICHIA COLI DAN STAPHYLOCOCCUS AUREUS [Internet]. Vol. 3, SAINSBERTEK Jurnal Ilmiah Sains & Teknologi. FARMASI; 2022. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
11. Alviolina D, Dalimunthe aini, Rauli Br Saragih Y. FORMULASI SEDIAAN KAPSUL DAUN GANDARUSA (Justicia GendarussaBurm.F) SEBAGAI PENCAHAR.
12. Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia D, Wardani Sudjarwo G, Septa Rosalia M, Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Hangtuah Surabaya Korespondensi P. Seminar Nasional Kelautan XIV " Implementasi Hasil Riset Sumber UJI AKTIVITAS ANTI JAMUR NANOPARTIKEL KITOSAN TERHADAP JAMUR CANDIDA ALBICANS SECARA IN VITRO. 2019.
13. BEA 2016 promo book. University of Virginia Press; 2016.
14. jppres23.1781_12.3.439.
15. Wilsya M, Cahyo Hardiansyah S, Pratama Sari D, Study Farmasi STIK Siti Khadijah Palembang PS. FORMULASI DAN UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN LOTION EKSTRAK DAUN GANDARUSA (Justicia gendarussa Burm f.). 2020.
16. Juwita Hesturini R, Herowati R, Pamudji Widodo G, Artikel I. Hal 27 DAUN GANDARUSSA (Justicia gendarussa Burm. F) PADA TIKUS PUTIH ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY OF ETANOLIC EXTRACT FRACTIONS OF GANDARUSA (Justicia gendarussa Burm. F) LEAVES IN RATS.
17. Setyaningsih S, Widjojo R, Kelle P. Challenges and opportunities in sustainability reporting: a focus on small and medium enterprises (SMEs). Cogent Business and Management. 2024;11(1).
18. c4ra01814a.
19. Kim, Us009005756b2. Directed Assembly of Cylinder-Forming Block Copolymer Films and Thermochemically Induced Cylinder to Sphere Transition: A Hierarchical Route to Linear Arrays of Nanodots. Macromolecules. 2003;44(7):1379–84.
20. Sharma P, Jha AB, Dubey RS, Pessarakli M. Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. J Bot. 2012 Apr 24;2012:1–26.
21. Wang J, Huang L, Yang R, Zhang Z, Wu J, Gao Y, et al. Review Articles Recent Advances in Solid Sorbents for CO 2 Capture and New Development Trends Received (in XXX, XXX) Xth XXXXXXXXXX 20XX, Accepted Xth XXXXXXXXXX 20XX. Available from: www.rsc.org/xxxxxx