Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (2) 2026, Page: 35628-35635

Formulasi Berbasis Nanoteknologi pada Ekstrak Tanaman: Kajian terhadap Stabilitas, Bioavailabilitas, dan Efektivitas Farmakologis

Alvina Bahari[1], Az-Zahra Maya Thabita[2], Naurah Bagia Aryani[3], Azzahra Widya Syaharani[4], Aisyah Adinda Zhafira[5], Nabila Putri[6], Nadya Anindhita Sekarningrum[7]

[1,2,3,4,5,6,7] **Farmasi, Universitas Negeri Semarang**

*Email: : alvinabhr@students.unnes.ac.id
Corresponding Author: Alvina Bahari, alvinabhr@students.unnes.ac.id

Published: Juni, 2026

ABSTRAK

Nanoteknologi telah berkembang menjadi salah satu pendekatan strategis dalam formulasi bahan alam untuk mengatasi keterbatasan ekstrak tanaman konvensional, seperti stabilitas rendah, bioavailabilitas terbatas, dan absorpsi yang kurang optimal. Review ini bertujuan mengkaji berbagai sistem nanopartikel yang digunakan dalam formulasi ekstrak tanaman, meliputi nanoemulsi, nanogel, nanoemulgel, nanoliposom, nanopartikel berbasis kitosan, dan nanopartikel perak hasil biosintesis, berikut keunggulannya dibandingkan bentuk sediaan konvensional. Kajian dilakukan terhadap sembilan artikel penelitian yang dipublikasikan antara tahun 2019 hingga 2025, mencakup berbagai bahan aktif seperti minyak atsiri daun nilam, ekstrak temulawak, ekstrak buah parijoto, ekstrak bunga telang, ekstrak buah takokak, ekstrak daun tin, dan senyawa herbal antikanker. Hasil kajian menunjukkan bahwa formulasi berbasis nanoteknologi secara konsisten mampu meningkatkan stabilitas fisikokimia, efisiensi enkapsulasi, dan aktivitas biologis senyawa aktif. Ukuran partikel yang kecil berkontribusi pada peningkatan luas permukaan, penetrasi membran, serta distribusi senyawa ke jaringan target. Kondisi penyimpanan, terutama suhu rendah, terbukti berperan penting dalam mempertahankan mutu nano sediaan selama masa simpan. Secara keseluruhan, nanoteknologi menunjukkan potensi besar sebagai platform pengembangan obat berbasis bahan alam yang lebih efektif dan dapat diandalkan.

Kata Kunci: Nanoteknologi, Ekstrak Tanaman, Nanopartikel, Stabilitas, Bioavailabilitas, Bahan Alam

ABSTRACT

Nanotechnology has developed into a strategic approach in the formulation of natural ingredients to overcome the limitations of conventional plant extracts, such as low stability, limited bioavailability, and suboptimal absorption. This review aims to examine various nanoparticle systems used in plant extract formulations, including nanoemulsions, nanogels, nanoemulgels, nanoliposomes, chitosan-based nanoparticles, and biosynthesized silver nanoparticles, along with their advantages over conventional dosage forms. The review was conducted on nine research articles published between 2019 and 2025, covering various active ingredients such as patchouli leaf essential oil, ginger extract, parijoto fruit extract, butterfly pea flower extract, takokak fruit extract, fig leaf extract, and anticancer herbal compounds. The results of the study indicate that nanotechnology-based formulations are consistently able to improve the physicochemical stability, encapsulation efficiency, and biological activity of active compounds. Small particle size contributes to increased surface area, membrane penetration, and distribution of compounds to target tissues. Storage conditions, especially low temperatures, have been shown to play an important role in maintaining the quality of nano preparations throughout the shelf life. Overall, nanotechnology shows great potential as a platform for developing more effective and reliable natural-based drugs.

Keywords: *Nanotechnology, Plant Extracts, Nanoparticles, Stability, Bioavailability, Natural Products*

© The Author(s). 2026 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Di era sekarang, sektor bisnis dapat diibaratkan sebagai pedang bermata dua. Di satu sisi, perusahaan berusaha keras untuk memperoleh keuntungan (*profit*) yang maksimal guna mempertahankan keberlangsungan dan pertumbuhan usahanya. Namun, di sisi lain, perusahaan juga dituntut untuk memperhatikan dampak sosial dan lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas

operasionalnya. Kesadaran ini muncul karena keberhasilan suatu perusahaan tidak lagi diukur hanya dari pencapaian finansial, tetapi juga dari kontribusinya terhadap masyarakat dan lingkungan. Dalam konteks tersebut, muncul konsep *Corporate Social Responsibility* (CSR) sebagai bentuk tanggung jawab sosial perusahaan terhadap berbagai pemangku kepentingan (*stakeholders*).

Secara umum, CSR merepresentasikan kepedulian perusahaan terhadap lingkungan dan komunitas di sekitarnya. Implementasi CSR dapat diwujudkan melalui berbagai program seperti penciptaan lapangan kerja, peningkatan kualitas pendidikan, pemberdayaan usaha mikro dan kecil, pelestarian lingkungan, hingga kegiatan sosial kemasyarakatan. Seiring meningkatnya kesadaran global terhadap pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*), CSR telah berkembang menjadi bagian penting dari strategi bisnis modern. Bahkan, banyak perusahaan menjadikan CSR sebagai instrumen untuk membangun hubungan yang harmonis dengan masyarakat sekaligus memperkuat reputasi perusahaan.

Menurut Carroll dan Brown (2023), CSR merupakan komitmen perusahaan untuk menjalankan kegiatan bisnis yang tidak hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi, tetapi juga memperhatikan aspek hukum, etika, dan filantropi dalam rangka menciptakan nilai bagi seluruh pemangku kepentingan. Sementara itu, Crane, Matten, dan Spence (2022) menjelaskan bahwa CSR telah mengalami transformasi dari sekadar aktivitas sukarela menjadi bagian integral dari tata kelola perusahaan (*corporate governance*) yang bertanggung jawab. Pandangan ini menunjukkan bahwa perusahaan masa kini tidak lagi dapat mengabaikan tuntutan sosial yang berkembang di masyarakat.

Lebih lanjut, penelitian yang dilakukan oleh Kumar dan Prakash (2021) menunjukkan bahwa pelaksanaan CSR yang efektif mampu meningkatkan kepercayaan publik (*public trust*), loyalitas konsumen, serta menciptakan hubungan jangka panjang yang positif antara perusahaan dan masyarakat. Senada dengan hal tersebut, Eccles dan Klimenko (2022) menyatakan bahwa perusahaan yang mengintegrasikan tanggung jawab sosial dan lingkungan ke dalam strategi bisnisnya cenderung memiliki daya saing yang lebih baik serta ketahanan bisnis yang lebih kuat dalam menghadapi berbagai tantangan ekonomi global.

Meskipun demikian, implementasi CSR masih menimbulkan berbagai perdebatan. Sebagian kalangan memandang CSR sebagai bentuk tanggung jawab nyata perusahaan terhadap masyarakat. Akan tetapi, sebagian lainnya berpendapat bahwa CSR sering kali hanya digunakan sebagai alat pencitraan (*corporate image*) atau strategi pemasaran untuk meningkatkan reputasi perusahaan di mata publik. Oleh karena itu, muncul pertanyaan penting mengenai sejauh mana program CSR benar-benar mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan memberikan dampak yang berkelanjutan.

Dari perspektif ekonomi Islam, isu CSR menjadi kajian yang sangat menarik untuk ditelaah lebih lanjut. Dalam Islam, tanggung jawab sosial bukan sekadar aktivitas sukarela, melainkan bagian dari kewajiban moral yang berlandaskan nilai-nilai syariah. Prinsip-prinsip seperti keadilan (*al-'adl*), amanah, keseimbangan (*tawazun*), persaudaraan (*ukhuwah*), dan kemaslahatan (*maslahah*) menjadi landasan utama dalam setiap aktivitas ekonomi. Oleh karena itu, perusahaan tidak hanya dituntut menghasilkan produk yang halal, tetapi juga memastikan bahwa seluruh proses dan dampak bisnisnya memberikan manfaat yang luas bagi masyarakat.

Menurut Dusuki dan Bouheraoua (2021), konsep tanggung jawab sosial dalam Islam memiliki cakupan yang lebih luas dibandingkan konsep CSR konvensional karena mencakup dimensi spiritual, moral, sosial, dan ekonomi secara sekaligus. Sementara itu, Hasan dan Harahap (2024) menjelaskan bahwa tujuan utama aktivitas bisnis dalam Islam bukan hanya mencapai keuntungan (*profit maximization*), tetapi juga mewujudkan kesejahteraan sosial (*social welfare*) dan kemaslahatan umat. Dengan demikian, keberhasilan suatu perusahaan tidak hanya diukur dari besarnya laba yang diperoleh, melainkan juga dari kontribusinya dalam menciptakan keadilan sosial dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Sejalan dengan perkembangan konsep *Environmental, Social, and Governance* (ESG) yang semakin mendapat perhatian global, nilai-nilai yang terkandung dalam ekonomi Islam memiliki relevansi yang kuat dengan praktik CSR modern. Keduanya sama-sama menekankan pentingnya keseimbangan antara kepentingan ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan. Oleh karena itu, kajian mengenai CSR dari perspektif ekonomi Islam menjadi penting

untuk memahami apakah program-program CSR yang dijalankan perusahaan saat ini telah selaras dengan prinsip-prinsip syariah dan mampu memberikan manfaat yang nyata bagi masyarakat.

Berdasarkan uraian tersebut, artikel ini akan membahas lebih mendalam mengenai implementasi program CSR yang dilaksanakan oleh berbagai perusahaan serta menganalisisnya dari sudut pandang ekonomi Islam. Pembahasan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai peran CSR dalam mewujudkan kesejahteraan sosial sekaligus menilai kesesuaiannya dengan nilai-nilai yang terkandung dalam ekonomi Islam.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode **literature review** atau tinjauan pustaka yang bertujuan untuk mengkaji perkembangan pemanfaatan nanoteknologi dalam formulasi ekstrak tanaman serta pengaruhnya terhadap peningkatan aktivitas biologis dan bioavailabilitas senyawa aktif. Kajian dilakukan dengan mengumpulkan, menelaah, dan menganalisis berbagai artikel ilmiah yang membahas formulasi nanopartikel berbasis ekstrak tanaman, karakterisasi nanosistem, stabilitas sediaan, serta aktivitas farmakologinya. Data yang dikaji meliputi penelitian eksperimental dan penelitian tinjauan yang relevan dengan topik nanoteknologi ekstrak tanaman.

Proses pencarian literatur dilakukan melalui basis data ilmiah seperti *Google Scholar*, *PubMed*, *ScienceDirect*, dan *Garuda*. Kata kunci yang digunakan antara lain *nanotechnology*, *plant extract*, *nanoemulsion*, *nanogel*, *nanoliposome*, *nanoparticle*, *nanoherbal*, *bioavailability*, dan *herbal drug delivery system*. Literatur yang dipilih merupakan artikel ilmiah yang diterbitkan dalam rentang tahun 2019–2025, tersedia dalam teks lengkap (*full text*), serta memiliki keterkaitan langsung dengan pengembangan nanosistem berbasis ekstrak tanaman.

Kriteria inklusi dalam kajian ini meliputi artikel yang membahas formulasi nanoteknologi dari bahan alam, karakterisasi nanopartikel, evaluasi stabilitas fisik dan kimia, serta pengujian aktivitas biologis seperti aktivitas antikanker, antihiperglikemia, antibakteri, antioksidan, maupun penghambatan enzim. Adapun kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak menyediakan data hasil penelitian secara lengkap, artikel duplikat, dan publikasi yang tidak berfokus pada pemanfaatan nanoteknologi dalam formulasi ekstrak tanaman.

Data yang diperoleh kemudian diekstraksi dan disusun dalam bentuk tabel yang memuat informasi mengenai penulis, tahun publikasi, metode penelitian, jenis ekstrak tanaman yang digunakan, sistem nanopartikel yang dikembangkan, karakteristik fisik nanosediaan, serta hasil aktivitas biologis yang diperoleh. Selanjutnya dilakukan analisis secara deskriptif-komparatif untuk membandingkan berbagai jenis nanosistem, meliputi *nanoemulsion*, *nanogel*, *nanoliposome*, *nanodispersion*, dan nanopartikel berbasis kitosan maupun nanopartikel logam hasil biosintesis. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi keunggulan, keterbatasan, serta potensi aplikasi masing-masing sistem dalam meningkatkan efektivitas ekstrak tanaman.

Hasil kajian kemudian disintesis secara naratif untuk menggambarkan tren perkembangan nanoteknologi ekstrak tanaman, hubungan antara karakteristik nanopartikel dengan aktivitas biologisnya, serta prospek pemanfaatannya dalam bidang farmasi dan kesehatan modern. Dengan pendekatan ini diharapkan dapat diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai peran nanoteknologi dalam meningkatkan kualitas dan efektivitas sediaan berbasis bahan alam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penulis	Metode	Sampel	Hasil
(Ningrum & Astuti, 2025)	Meninjau efikasi dan keamanan sediaan herbal berbasis nanoteknologi sebagai terapi antikanker.	Berbagai penelitian mengenai nanoherbal yang mengandung kurkumin, kuersetin, boswellic acid, naringenin, ekstrak daun sirsak,	Formulasi nanoherbal meningkatkan bioavailabilitas, stabilitas senyawa aktif, dan akumulasi pada jaringan tumor melalui efek EPR. Nanoherbal mampu meningkatkan aktivitas antiproliferatif, menginduksi apoptosis, menekan ekspresi gen onkogenik, mengurangi toksisitas jaringan sehat, serta

		sambiloto, moringa, dan tapak dara pada model sel kanker seperti MCF-7, HepG2, dan CT26.	berpotensi meningkatkan efektivitas kemoterapi. Bukti yang tersedia masih didominasi studi in vitro dan in vivo sehingga diperlukan uji klinis lebih lanjut.
(Putri Marhammah et al., 2025)	Memformulasikan dan mengevaluasi nanogel minyak atsiri daun nilam (Patchouli Oil) serta menguji aktivitas antibakterinya terhadap *Propionibacterium acnes*.	Nanogel minyak atsiri daun nilam dengan konsentrasi 1,5% (F1), 2% (F2), dan 2,5% (F3).	Nanoemulsi memenuhi karakteristik nanopartikel dengan ukuran partikel F1 14 ± 0,26 nm, F2 13,53 ± 1,20 nm, dan F3 13,46 ± 0,11 nm. Semua formula bertipe minyak dalam air (O/A), homogen, stabil setelah sentrifugasi 5000 rpm selama 30 menit, memiliki pH 6,17-6,20, viskositas 2581,33-3656 cPs, dan daya sebar 6,04-6,33 cm. Formula F3 (2,5%) menunjukkan aktivitas penghambatan *P. acnes* paling kuat.
(Malaka et al., 2021)	Menentukan formulasi, karakterisasi, dan stabilitas fisik nanoemulgel ekstrak etanol spons *Petrosia* sp. menggunakan Carbopol 940 sebagai basis gel.	Nanoemulgel ekstrak etanol spons *Petrosia* sp. dengan variasi perbandingan nanoemulsi dan basis gel (F1, F2, F3).	Nanoemulsi dengan komposisi VCO 1%, Tween 80 7%, dan PEG 400 2% menghasilkan tipe minyak dalam air dengan transmitan 94,84%, ukuran partikel 23,9 nm, dan indeks polidispersitas 0,176. Formula F1 (75 mL nanoemulsi : 25 g basis gel) memberikan karakteristik terbaik dengan pH 5, viskositas 28.000 cPs, daya sebar 5,7 cm, bentuk semi padat transparan, serta tetap stabil setelah uji freeze-thaw tanpa perubahan warna maupun bentuk.
(Putri et al., 2024)	Mengevaluasi stabilitas fisik dan kimia nanodispersi ekstrak buah parijoto pada berbagai suhu penyimpanan.	Nanodispersi ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa*) yang disimpan pada suhu lemari es 2 ± 2°C, suhu AC 22 ± 2°C, dan suhu ruang 29 ± 2°C selama 28 hari.	Penyimpanan pada suhu lemari es memberikan stabilitas terbaik berdasarkan ukuran partikel, indeks polidispersitas, pH, absorbansi, turbiditas, transmitansi, kandungan antosianin, dan efisiensi enkapsulasi. Pada hari ke-28, absorbansi penyimpanan dingin mencapai $40{,}6 \times 10^{-3}$ dan efisiensi enkapsulasi 99,98 ± 0,066%. Penyimpanan suhu ruang menunjukkan penurunan stabilitas paling besar, termasuk absorbansi yang meningkat hingga $666{,}2 \times 10^{-3}$ pada hari ke-21.
(Nugroho et al., 2019)	Menilai efektivitas nanoliposom ekstrak daun tin (*Ficus carica* L.) sebagai antihiperglikemia pada zebrafish.	Zebrafish yang dibagi menjadi 3 kelompok, masing-masing terdiri atas 7 ekor; kelompok kontrol negatif, kontrol positif (metformin), dan kelompok perlakuan nanoliposom ekstrak daun tin.	Formula liposom terbaik diperoleh pada sonikasi 8 menit dengan ukuran partikel 116,17 ± 4,40 nm, indeks polidispersitas 0,439 ± 0,01, dan zeta potensial −18,53 ± 0,41 mV. Nanoliposom berwarna putih susu, stabil selama 24 jam, dan memiliki morfologi bulat hingga tidak beraturan. Pemberian nanoliposom ekstrak daun tin mampu menurunkan kadar glukosa darah puasa zebrafish sebesar 62,09%, sehingga berpotensi sebagai terapi antihiperglikemia alternatif.
(Wilapangga et al., 2023)	Memformulasikan dan	Gel ekstrak temulawak dan gel	Ekstrak temulawak mengandung flavonoid, tanin, steroid/triterpenoid dengan aktivitas

	mengevaluasi gel nanopartikel ekstrak temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) sebagai sediaan tabir surya.	nanopartikel ekstrak temulawak yang dibuat dengan metode gelasi ionik menggunakan kitosan dan NaTPP.	antioksidan kuat (IC_{50} 93,27 ppm) dan total fenol 149,18 mg GAE/g ekstrak. Nanopartikel memiliki ukuran 227,4 nm, sedangkan gel nanopartikel 185,2 nm dengan indeks polidispersitas masing-masing 0,861 dan 0,883. Gel nanopartikel menunjukkan viskositas 25.673 cPs, pH 5,47, daya sebar 6,5 cm, serta nilai SPF 19,88 yang lebih tinggi dibandingkan gel ekstrak biasa (SPF 16,77). Sediaan tetap stabil selama 5 hari tanpa perubahan warna, kekeruhan, maupun endapan.
(Sari et al., 2024)	Menilai stabilitas fisik dan aktivitas antibakteri spray nanoemulsi ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) dengan variasi konsentrasi PEG 400 terhadap *Staphylococcus epidermidis*.	Spray nanoemulsi ekstrak bunga telang dengan variasi PEG 400 sebesar 15% (F1), 20% (F2), dan 25% (F3).	Ekstrak bunga telang menghasilkan rendemen 29,33%. Formula F1 (PEG 400 15%) merupakan formula paling stabil karena warna tetap biru bening setelah cycling test, sedangkan F2 dan F3 menjadi keruh. Nilai pH berada pada rentang 6,16-6,53 dan daya sebar semprot 6,20-6,63 cm sehingga memenuhi persyaratan sediaan topikal. Aktivitas antibakteri meningkat seiring kenaikan konsentrasi PEG 400, dengan diameter zona hambat sebesar 9,84 ± 0,44 mm (15%), 10,70 ± 0,65 mm (20%), dan 12,24 ± 0,61 mm (25%). Analisis statistik menunjukkan perbedaan zona hambat yang bermakna antar formula ($p = 0,013$).
(Imam Dwiyansyah et al., 2024)	Mengevaluasi potensi nanoemulgel ekstrak buah takokak (*Solanum torvum* Swartz) sebagai inhibitor xantin oksidase untuk terapi gout secara in vitro.	Ekstrak etanol buah takokak dan nanoemulgel 3,75% dengan variasi Tween 80 : PEG 400 yaitu F1 (30:30), F2 (35:25), dan F3 (40:20).	Ekstrak menghasilkan rendemen 16,85% dan mengandung flavonoid, fenolik, tanin, serta saponin. Kadar total flavonoid mencapai 4,472 ± 0,133 mgQE. Formula F2 merupakan formula terbaik dengan ukuran partikel 18,5 nm dan indeks polidispersitas 0,1313. Nanoemulgel memiliki pH 5,90-6,05, daya sebar 6,1-6,5 cm, serta homogen. Ekstrak takokak menunjukkan IC_{50} xantin oksidase 45,54 ppm, sedangkan nanoemulgel menghasilkan IC_{50} 29,26 ppm. Jika dihitung berdasarkan kandungan ekstrak dalam nanoemulgel, nilai IC_{50} mencapai 1,10 ppm atau sekitar 45 kali lebih kuat dibandingkan ekstrak kasar dan hampir 3 kali lebih kuat dibandingkan allopurinol.
(Masykuroh et al., 2022)	Menilai aktivitas antibakteri nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan ekstrak keladi sarawak (*Alocasia macrorrhizos*) terhadap *Staphylococcus*	Nanopartikel perak (NPP) yang disintesis menggunakan $AgNO_3$ dengan konsentrasi 0,05 M, 0,10 M, dan 0,15 M.	Biosintesis nanopartikel berhasil ditandai perubahan warna menjadi cokelat dan terbentuknya Surface Plasmon Resonance (SPR) pada panjang gelombang 400,9-450,0 nm. Konsentrasi $AgNO_3$ 0,15 M menghasilkan absorbansi tertinggi pada 450,0 nm. Hasil SEM menunjukkan morfologi berbentuk batang (nanorods) dengan diameter rata-rata 826,44 nm (0,05 M), 283,44 nm (0,10 M), dan 266,33 nm (0,15 M). Seluruh nanopartikel menunjukkan aktivitas antibakteri pada pengenceran 50%, dengan

	aureus dan *Escherichia coli.*		zona hambat terhadap *S. aureus* sebesar 10,30 ± 0,69 mm; 11,20 ± 3,38 mm; dan 12,63 ± 2,30 mm, serta terhadap *E. coli* sebesar 12,70 ± 2,50 mm; 16,27 ± 3,96 mm; dan 17,73 ± 4,27 mm untuk konsentrasi $AgNO_3$ 0,05 M; 0,10 M; dan 0,15 M secara berurutan.

Pembahasan

Nanoteknologi memberikan peluang besar dalam meningkatkan efektivitas terapi berbasis bahan alam melalui perbaikan karakteristik fisikokimia senyawa aktif. Berbagai nanoherbal yang mengandung kurkumin, kuersetin, boswellic acid, naringenin, daun sirsak, sambiloto, moringa, dan tapak dara dilaporkan memiliki bioavailabilitas serta stabilitas yang lebih baik dibandingkan bentuk konvensional. Sistem penghantaran berukuran nano juga mendukung akumulasi senyawa pada jaringan target melalui efek *enhanced permeability and retention* (EPR), sehingga mampu meningkatkan aktivitas antiproliferatif, menginduksi apoptosis, menekan ekspresi gen onkogenik, dan berpotensi meningkatkan keberhasilan kemoterapi dengan toksisitas yang lebih rendah pada jaringan sehat (Ningrum & Astuti, 2025). Potensi peningkatan aktivitas biologis akibat ukuran partikel yang kecil juga terlihat pada nanoliposom ekstrak daun tin yang memiliki ukuran 116,17 ± 4,40 nm dan mampu menurunkan kadar glukosa darah puasa zebrafish hingga 62,09%, menunjukkan bahwa sistem nano dapat mendukung efektivitas terapi penyakit metabolik selain kanker (Nugroho et al., 2019).

Keberhasilan formulasi nanosistem sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel, homogenitas, dan stabilitas sediaan yang dihasilkan. Nanogel minyak atsiri daun nilam memiliki ukuran partikel 13,46-14,00 nm dengan pH 6,17-6,20, viskositas 2581,33-3656 cPs, serta daya sebar 6,04-6,33 cm, yang menunjukkan karakteristik fisik sesuai untuk aplikasi topikal. Formula dengan konsentrasi minyak atsiri 2,5% memberikan aktivitas antibakteri paling kuat terhadap *Propionibacterium acnes*, mengindikasikan bahwa optimasi komposisi formula dapat meningkatkan efektivitas biologis sediaan (Putri Marhammah et al., 2025). Temuan serupa dilaporkan pada nanoemulgel ekstrak spons *Petrosia* sp. yang menghasilkan ukuran partikel 23,9 nm dengan indeks polidispersitas 0,176 dan transmitan 94,84%. Formula terbaik menunjukkan pH 5, viskositas 28.000 cPs, daya sebar 5,7 cm, serta mampu mempertahankan stabilitas fisik setelah pengujian *freeze-thaw*, sehingga mendukung kualitas dan konsistensi sediaan selama penyimpanan (Malaka et al., 2021).

Selain formulasi, kondisi penyimpanan juga menjadi faktor penting yang menentukan keberlangsungan mutu nanosediaan. Nanodispersi ekstrak buah parijoto menunjukkan stabilitas paling baik pada suhu lemari es 2 ± 2°C, yang ditunjukkan oleh terjaganya ukuran partikel, indeks polidispersitas, pH, absorbansi, transmitansi, kandungan antosianin, dan efisiensi enkapsulasi hingga 99,98 ± 0,066% pada hari ke-28. Sebaliknya, penyimpanan pada suhu ruang 29 ± 2°C mempercepat penurunan kualitas sediaan yang tercermin dari peningkatan absorbansi hingga $666{,}2 \times 10^{-3}$ pada hari ke-21 (Putri et al., 2024). Hasil tersebut menegaskan bahwa keberhasilan pengembangan produk nanoteknologi tidak hanya bergantung pada proses formulasi, tetapi juga memerlukan pengendalian kondisi penyimpanan yang tepat agar stabilitas fisik dan kimia bahan aktif tetap terjaga selama masa penggunaan.

Pemanfaatan sistem nano pada bahan alam terbukti mampu meningkatkan kinerja farmakologis sekaligus mempertahankan mutu sediaan. Gel nanopartikel ekstrak temulawak memiliki ukuran partikel 185,2 nm dengan nilai SPF 19,88 yang lebih tinggi dibandingkan gel ekstrak biasa, didukung kandungan flavonoid, tanin, steroid/triterpenoid, aktivitas antioksidan kuat (IC_{50} 93,27 ppm), serta total fenol 149,18 mg GAE/g ekstrak (Wilapangga et al., 2023). Peningkatan efektivitas yang serupa terlihat pada nanoemulgel ekstrak buah takokak, di mana ukuran partikel 18,5 nm dan indeks polidispersitas 0,1313 menghasilkan aktivitas inhibisi xantin oksidase yang jauh lebih tinggi dengan IC_{50} ekuivalen ekstrak sebesar 1,10 ppm atau sekitar 45 kali lebih kuat dibandingkan ekstrak kasar, sehingga menunjukkan bahwa pengecilan ukuran partikel dapat memperbaiki bioaktivitas senyawa fitokimia (Imam Dwiyansyah et al., 2024).

Selain meningkatkan aktivitas biologis, formulasi nano juga berperan dalam menghasilkan sediaan yang stabil dan efektif sebagai agen antimikroba. Spray nanoemulsi ekstrak bunga telang menunjukkan karakteristik fisik yang memenuhi persyaratan topikal dengan pH 6,16-6,53 dan daya sebar 6,20-6,63 cm, sementara peningkatan konsentrasi PEG 400 berhubungan dengan bertambahnya diameter zona hambat terhadap *Staphylococcus epidermidis* hingga 12,24 ± 0,61 mm pada formula 25% (Sari et al., 2024). Di sisi lain, nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan ekstrak keladi sarawak memperlihatkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* maupun *Escherichia coli*, dengan daya hambat tertinggi diperoleh pada konsentrasi $AgNO_3$ 0,15 M yang menghasilkan zona hambat masing-masing 12,63 ± 2,30 mm dan 17,73 ± 4,27 mm, menunjukkan bahwa sistem nanopartikel mampu memperkuat interaksi antimikroba terhadap bakteri patogen (Masykuroh et al., 2022).

KESIMPULAN

Formulasi ekstrak tanaman berbasis nanoteknologi terbukti memberikan hasil yang lebih unggul dibandingkan sediaan konvensional melalui peningkatan stabilitas fisikokimia, bioavailabilitas, dan aktivitas biologis senyawa aktif. Berbagai sistem nano yang dikaji, mulai dari nanoemulsi, nanogel, nanoemulgel, nanoliposom, hingga nanopartikel perak hasil biosintesis, secara konsisten mampu memperbaiki karakteristik sediaan sekaligus meningkatkan efektivitas farmakologis, baik sebagai agen antikanker, antihiperglikemia, antioksidan, maupun antimikroba. Kondisi penyimpanan, khususnya suhu rendah, juga terbukti berperan penting dalam mempertahankan mutu nanosediaan selama masa simpan. Meskipun demikian, sebagian besar bukti masih berasal dari uji *in vitro* dan *in vivo* skala laboratorium, sehingga uji klinis lebih lanjut serta kajian keamanan jangka panjang tetap diperlukan sebelum teknologi ini dapat diaplikasikan secara lebih luas dalam bidang farmasi dan kesehatan.

REFERENCES

Gupta, A., Eral, H. B., Hatton, T. A., & Doyle, P. S. (2019). Nanoemulsions: Formation, properties and applications. *Soft Matter, 12*(11), 2826–2841. https://doi.org/10.1039/C5SM02958A

Imam Dwiyansyah, M., Insyira, R., Maurilla Mirsa, A., Gita Sawalia, A., Nugrah, D., & Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, F. (2024). Penghambatan xantin oksidase oleh gel ekstrak takokak (*Solanum torvum* Swartz) berbasis nanoteknologi secara *in vitro*. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi, 12*(2), 2680–2695. https://doi.org/10.33394/BIOSCIENTIST.V12I2.12610

Malaka, M. H., Indalifiany, A., Sahidin, S., Fristiohady, A., & Andriani, R. (2021). Formulation and physical stability test of nanoemulgel containing *Petrosia* sp. ethanolic extract. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis, 7*(3), 321–331. https://doi.org/10.31603/PHARMACY.V7I3.6080

Masykuroh, A., & Puspasari, H. (2022). Aktivitas antibakteri nano partikel perak (NPP) hasil biosintesis menggunakan ekstrak keladi sarawak (*Alocasia macrorrhizos*) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar, 7*(1), 76–85. https://doi.org/10.20956/BIOMA.V7I1.19350

McClements, D. J. (2020). Delivery by design (DbD): A standardized approach to the development of efficacious nanoparticle- and microparticle-based delivery systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19*(6), 3791–3817. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12638

Ningrum, P. S., & Astuti, K. W. (2025). Efikasi dan keamanan sediaan herbal berbasis nanoteknologi untuk terapi antikanker. *Prosiding Workshop dan Seminar Nasional Farmasi, 4*, 76–90. https://doi.org/10.24843/WSNF.2025.V04.P07

Nugroho, B. H., Dwi, A., Ningrum, K., Pertiwi, A., Salsabila, T., & Syukri, Y. (2019). Pemanfaatan ekstrak daun tin (*Ficus carica* L.) berbasis nanoteknologi liposom sebagai pengobatan antihiperglikemia. *Eksakta, 19*(2), 216–229. https://doi.org/10.20885/EKSAKTA.VOL19.ISS2.ART12

Patra, J. K., Das, G., Fraceto, L. F., Campos, E. V. R., Rodriguez-Torres, M. D. P., Acosta-Torres, L. S., Diaz-Torres, L. A., Grillo, R., Swamy, M. K., Sharma, S., Habtemariam, S., & Shin, H. S. (2018). Nano based drug delivery systems: Recent developments and future prospects. *Journal of Nanobiotechnology, 16*(1), 71. https://doi.org/10.1186/s12951-018-0392-8

Putri Marhammah, N., Maharini, I., Hatthaya Rabbani, H., Saputri, S., Permata Mulia, Z., Afriana, N., et al. (2025). Formulasi dan evaluasi sediaan *nano-gel* minyak atsiri daun nilam (*Patchouli oil*)

menggunakan HPMC sebagai *gelling agent*. *Journal Pharmaceutical Care and Sciences, 5*(2), 268–276. https://doi.org/10.33859/JPCS.V5I2.738

Putri, N. I., Putra, Y. A. S., Pratiwi, A. R., Ananingsih, V. K., Soedarini, B., & Wijaya, I. (2024). Evaluasi stabilitas karakter fisik dan kimia nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan variasi kondisi suhu penyimpanan. *Praxis: Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring, 7*(1), 77–89. https://doi.org/10.24167/PRAXIS.V7I1.12684

Sari, R. T., Ulfa, A. M., & Elsyana, V. (2024). Uji stabilitas dan antibakteri *spray nanoemulsi* ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) dengan variasi *polyethylene glycol* (PEG) 400. *Journal of Islamic Medicine, 8*(1). https://doi.org/10.18860/JIM.V8I1.23292

Wilapangga, A., Rahmat, D., & Kosmetik Bahan Alam, M. (2023). Formulasi dan evaluasi sediaan gel nanopartikel ekstrak temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) sebagai tabir surya. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education, 3*(1). https://doi.org/10.37311/IJPE.V3I1.18854