

NANOPARTIKEL DALAM SISTEM PENGHANTARAN OBAT : TINJAUAN TERHADAP STABILITAS DAN BIOAVAILABILITAS

Benni Iskandar^{1*}, Rindu Rahmatul Fitri², Rizka Luthfia Ananda Putri³, Roby Febrian⁴,
Safira Aufa⁵, Sabila Syukrani⁶, Sabina Rizky Amelia⁷, Shakira Humaira⁸

Program Studi S1 Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Riau (STIFAR), Pekanbaru, Riau^{1,2,3,4,5,6,7,8},
Departemen Teknologi Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Riau (STIFAR), Pekanbaru, Riau¹

*Corresponding Author : benniiskandar@stifar-riau.ac.id

ABSTRAK

Nanoteknologi merupakan cabang ilmu interdisipliner yang mempelajari sifat dan aplikasi material pada skala nanometer (< 1000 nm), tetapi karakteristik ukuran partikel kecil dari 200 nm lebih memiliki sifat fisik dan karakteristik yang lebih dianjurkan. Dalam bidang farmasi, perkembangan nanoteknologi telah membawa terobosan signifikan, khususnya dalam sistem penghantaran obat yang lebih efisien, terarah, dan mampu meningkatkan efektivitas terapeutik. Sistem penghantaran obat berbasis nanopartikel atau *Nanoparticle Drug Delivery System* (NDDS) memungkinkan pelepasan obat yang terkendali, peningkatan stabilitas formulasi, serta peningkatan bioavailabilitas zat aktif, terutama untuk obat-obat yang memiliki kelarutan rendah atau stabilitas buruk secara kimia. Review artikel ini disusun untuk mengeksplorasi dan membahas secara komprehensif berbagai jenis nanopartikel yang digunakan sebagai pembawa dalam sistem NDDS. Dari hasil analisis literatur yang tersedia, diketahui bahwa jenis-jenis nanopartikel yang paling umum digunakan dalam formulasi farmasi meliputi liposom, fitosom, dan etosom. Masing-masing sistem penghantaran ini memiliki karakteristik fisikokimia tersendiri yang mempengaruhi mekanisme penghantaran, efisiensi enkapsulasi, serta profil pelepasan obat. Selain itu, aspek kestabilan formulasi turut menjadi fokus utama dalam pengembangan NDDS. Salah satu parameter penting yang dianalisis adalah zeta potensial, yang berperan dalam menjaga stabilitas koloid dan mencegah terjadinya agregasi antar partikel. Nilai zeta potensial yang tinggi (positif atau negatif) menunjukkan bahwa sistem memiliki gaya tolak-menolak antar partikel yang cukup kuat, sehingga mampu mempertahankan homogenitas suspensi dalam jangka waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, pengembangan NDDS dengan karakteristik nanopartikel yang optimal sangat berpotensi dalam meningkatkan efektivitas terapi serta kenyamanan penggunaan bagi pasien.

Kata kunci : bioavailabilitas, nanopartikel, nanoteknologi, penghantaran obat, stabilitas

ABSTRACT

Nanotechnology is an interdisciplinary branch of science that studies the properties and applications of materials at the nanometer scale (< 1000 nm). However, the physical properties and characteristics of particles smaller than 200 nm are more recommended due to their unique advantages. In the field of pharmacy, advancements in nanotechnology have led to significant breakthroughs, particularly in the development of more efficient, targeted drug delivery systems that enhance therapeutic efficacy. This review article is aimed at exploring and comprehensively discussing the various types of nanoparticles used as carriers in NDDS. From the analysis of available literature, it is evident that the most commonly used nanoparticles in pharmaceutical formulations include liposomes, phytosomes, and ethosomes. Each of these drug delivery systems has unique physicochemical characteristics that influence the delivery mechanism, encapsulation efficiency, and drug release profile. Furthermore, the stability of the formulation remains a key focus in the development of NDDS. One important parameter analyzed is the zeta potential, which plays a role in maintaining colloidal stability and preventing particle aggregation. A high zeta potential (positive or negative) indicates that the system has strong repulsive forces between particles, thereby maintaining suspension homogeneity for a longer period. Therefore, the development of NDDS with optimal nanoparticle characteristics has significant potential to enhance therapeutic effectiveness and improve patient comfort.

Keywords : nanotechnology, nanoparticle, drug delivery, stability, bioavailability

PENDAHULUAN

Nanoteknologi adalah teknologi yang digunakan dengan molekul kurang dari 1000 nanometer (Fitri *et al.*, 2020). Industri (seperti nanokomposit dan nanotube), kedokteran (seperti obat-obatan), dan industri makanan (seperti membuat nanovitamin A) adalah beberapa contoh aplikasi nanoteknologi baru yang berkembang pesat dengan memanfaatkan nanopartikel (Hasan *et al.*, 2012). Formulasi partikel yang tersebar dalam ukuran seperseribu nanometer atau mikron dikenal sebagai penghantaran nanopartikel. Manfaat nanopartikel termasuk kemampuan untuk menembus ruang antar seluler hanya oleh partikel koloid, kemampuan untuk menembus dinding sel melalui difusi dan fragmentasi, dan kemampuan untuk membuka peluang baru dalam kombinasi dengan teknologi lain. Potensi untuk berkembang sesuai dengan berbagai kebutuhan dan tujuan. Karena jumlah permukaan kontak yang sama, nanopartikel juga meningkatkan afinitas sistem (Martien *et al.*, 2012).

Untuk mengatasi masalah kelarutan dan bioavailabilitas, pengembangan teknologi farmasi telah menciptakan sistem baru sistem distribusi farmasi/sistem distribusi farmasi baru. NDDS terdiri dari berbagai sistem pembawa, seperti nanopartikel (liposom, tanaman, esosom, transfusi darah), nanopartikel, microcrotch, mikro/nanoemulsi, atau dengan secara tidak sengaja mengubah kelarutan flavonoid sendiri (misalnya, dengan melakukan eksperimen co-former) (Romadon & Mun'im, 2015). Formulasi partikel yang tersebar dalam ukuran seperseribu nanometer atau mikron dikenal sebagai penghantaran nanopartikel. Nanopartikel telah menarik perhatian dalam berbagai bidang, termasuk farmasi, karena kemampuannya untuk membawa zat aktif dengan efisiensi tinggi. Manfaat utama dari penggunaan nanopartikel dalam sistem penghantaran obat meliputi kemampuannya untuk menembus ruang antar seluler hanya oleh partikel koloid. Hal ini memungkinkan nanopartikel untuk mengatasi penghalang biologis seperti membran sel dan jaringan. Selain itu, nanopartikel memiliki kemampuan untuk menembus dinding sel melalui mekanisme difusi dan fragmentasi, memberikan potensi untuk meningkatkan penyerapan obat secara signifikan.

Keunggulan lainnya adalah kemampuan nanopartikel untuk membuka peluang baru dalam kombinasi dengan teknologi lain, seperti teknologi gen atau pengiriman obat berbasis biomolekuler. Potensi ini semakin diperkuat dengan pengembangan sistem penghantaran berbasis nanopartikel yang dapat disesuaikan dengan berbagai kebutuhan terapeutik dan tujuan pengobatan. Sebagai contoh, nanopartikel dapat dirancang untuk melepaskan zat aktif secara terkontrol di area tubuh tertentu, sehingga meningkatkan efikasi dan mengurangi efek samping yang tidak diinginkan (Iskandar, Marvika, *et al.*, 2025).

Karena jumlah permukaan yang relatif lebih besar dibandingkan dengan volume, nanopartikel memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap sistem yang digunakan, baik itu dalam konteks farmasi maupun bioteknologi. Ini meningkatkan interaksi antara obat dan sel target, yang berkontribusi pada peningkatan bioavailabilitas obat. Hal ini sangat penting untuk obat-obatan yang memiliki kelarutan rendah atau bioavailabilitas yang terbatas, yang sering kali menjadi tantangan dalam pengembangan farmasi konvensional. Namun, meskipun banyak potensi yang ditawarkan oleh nanopartikel, tantangan utama dalam penggunaannya tetap pada masalah kelarutan dan bioavailabilitas. Oleh karena itu, pengembangan teknologi farmasi telah menciptakan sistem distribusi farmasi baru yang dikenal dengan istilah Sistem Distribusi Nanopartikel Farmasi (NDDS). Sistem ini dirancang untuk mengatasi kendala kelarutan dan meningkatkan pengiriman obat dengan cara yang lebih efisien. NDDS terdiri dari berbagai jenis sistem pembawa, seperti nanopartikel liposom, esosom, transfersom, dan fitosom. Sistem ini berfungsi sebagai pengantar zat aktif ke dalam tubuh dengan cara yang lebih aman dan efektif. Selain itu, ada juga sistem berbasis lemak seperti mikro/nanoemulsi dan solid lipid nanopartikel (SLN), yang dapat meningkatkan stabilitas dan efektivitas obat dalam tubuh. Penggunaan nanopartikel dalam NDDS memungkinkan sistem penghantaran yang lebih tepat

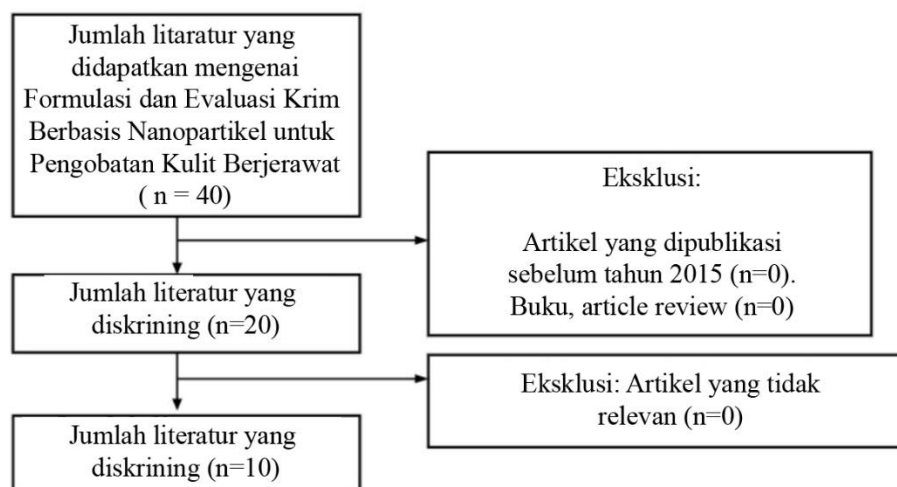
sasaran, mengurangi dosis yang dibutuhkan, dan meningkatkan efektivitas pengobatan. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, NDDS menjadi lebih canggih, memungkinkan untuk dikombinasikan dengan teknologi lainnya, seperti pengiriman obat berbasis genetik dan terapi imun.

Selain itu, NDDS juga dapat mengubah kelarutan flavonoid atau zat aktif lainnya dengan cara-cara tertentu. Misalnya, eksperimen co-former dapat digunakan untuk meningkatkan kelarutan zat aktif dalam air, yang pada gilirannya dapat meningkatkan bioavailabilitasnya di dalam tubuh. Dengan teknik ini, flavonoid yang biasanya sulit larut dalam air dapat digunakan secara lebih efektif dalam sistem penghantaran obat berbasis nanopartikel. Romadon dan Mun'im (2015) menyarankan bahwa peningkatan kelarutan dan bioavailabilitas obat dengan menggunakan sistem distribusi nanopartikel dapat memperluas aplikasi terapeutik dalam pengobatan berbagai penyakit, termasuk penyakit kronis yang memerlukan pengobatan jangka panjang. Oleh karena itu, pengembangan NDDS menjadi area riset yang sangat menjanjikan dalam dunia farmasi. Seiring dengan terus berkembangnya teknologi, penelitian mengenai nanopartikel dan sistem distribusi farmasi lainnya akan semakin fokus pada peningkatan efektivitas dan keamanan dalam penghantaran obat. Dengan menggunakan teknologi ini, dimungkinkan untuk mengatasi masalah pengiriman obat yang sudah lama menjadi tantangan dalam industri farmasi. Sebagai hasilnya, diharapkan dapat ditemukan solusi baru yang lebih efisien dan lebih terjangkau untuk pengobatan berbagai penyakit.

Sistem pembawa berbasis fosfolipid, seperti liposom, etosom, transfersom, dan fitosom, merupakan teknologi yang digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengantaran zat aktif ke dalam tubuh. Sistem pembawa berbasis lemak, seperti mikro/nanoemulsi dan solid lipid nanopartikel (SLN), berfungsi untuk meningkatkan stabilitas dan bioavailabilitas dari zat yang diantarkan. Selain itu, sistem pembawa berbasis surfaktan, seperti misel, dan berbasis polimer, seperti nanopartikel kitosan atau dendrimer, juga berperan penting dalam sistem pengantaran obat dan zat bioaktif. Berbagai teknik telah dikembangkan untuk memproduksi nanopartikel ini, dengan enam metode utama yang sering digunakan, yaitu penguapan pelarut, emulsifikasi spontan atau dispersi pelarut, metode garam atau emulsifikasi-difusi, teknik cairan superkritis, polimerisasi, dan polimer hidrofilik, yang masing-masing memiliki keunggulan dalam menghasilkan partikel dengan ukuran dan sifat yang diinginkan (Tahir et al., 2016).

Review artikel ini disusun untuk mengeksplorasi dan membahas secara komprehensif berbagai jenis nanopartikel yang digunakan sebagai pembawa dalam sistem *NDDS*.

METODE



Gambar 1. Alur Bagan Review

Studi ini menggunakan metode pencarian artikel tinjauan literatur untuk menentukan jenis dan ukuran nanopartikel dalam sistem penghantaran nanopartikel obat yang optimal. Penelitian literatur dilakukan melalui nanoteknologi kata kunci, nanopartikel, dan sistem penghantaran obat. Sumber Data Elektronik: ScienceDirect dan PubMed yang diterbitkan 10 tahun yang lalu. Proses pencarian literatur mengenai formulasi dan evaluasi krim berbasis nanopartikel untuk pengobatan kulit berjerawat dimulai dengan pengumpulan 40 literatur yang relevan. Dari jumlah tersebut, sebanyak 20 artikel disaring untuk lebih lanjut dianalisis. Setelah dilakukan penyaringan, jumlah literatur yang akhirnya terpilih dan dianalisis lebih lanjut adalah 10 artikel. Selama proses ini, artikel yang dipublikasikan sebelum tahun 2015, serta buku dan artikel review, dikeluarkan dari pencarian. Selain itu, artikel yang tidak relevan dengan topik juga disaring dan dieliminasi dari kajian ini, menghasilkan 10 artikel yang akan menjadi fokus utama penelitian ini (gambar 1).

HASIL

Berbagai formulasi sistem penghantaran obat berbasis nanopartikel menunjukkan karakteristik yang beragam berdasarkan jenis bahan aktif, ukuran partikel, stabilitas fisik, serta parameter fisikokimia lainnya. Kajian terhadap 10 sistem nanopartikel memberikan gambaran tentang efektivitas masing-masing pendekatan dalam meningkatkan bioavailabilitas dan stabilitas obat.

Tabel 1. Hasil Review Studi dan Metode

No	Bentuk penghantaran	Eksipien	Zat Aktif	Pelarut	DS (cm)	pH	DL (s)	Homogenitas	Viskositas	SA (Stabilitas/Ukuran)	Pustaka
1	Nanopartikel	Kitosan-TPP	Ekstrak sari buah juwet	Air	-	-	-	Homogen	-	138,1 nm; Zeta: +4,9 mV	Lestari et al., 2020
2	Etosom	Fosfolipid	Obat herbal hidrofilik	Etanol + Air	-	-	-	Homogen	-	Penetrasi tinggi; stabil	Azzahra & Musfiroh, 2018
3	Fitosom	Fosfatidil kolin	Ekstrak kulit kakao	Etanol	-	-	-	Homogen	-	Ukuran: 184,99–199,97 nm; EE >95%	Tahiret al., 2016
4	Liposom	Lipid	Obat herbal	-	-	-	-	Homogen	-	Ukuran nano; stabil	Ramadhan & Mun'im, 2015
5	SNEDDS	Cremophor/VCO	EPMS (Etil-p-metoksisinamat)	VCO + PG + Cremophor RH40	1,0	6,2	500	Homogen	Sedang	30,16 nm; Zeta: -	Choironi et al., 2022

										61,03 mV	
6	Nanoemul gel	ZnO	Zinc Oxide (ZnO)	Minyak zaitun + PEG 400	1,2	7,3	45 0	Homog en	Ting gi	152,7 nm; Zeta: -28,5 mV	Erma wati et al., 2020
7	Cubosom e	Lipid	Lipofilik (umum)	-	-	6,0	-	Homog en	-	100– 500 nm; Zeta: ±17– 30 mV	Putra nti et al., 2022
8	SLN	GMS Cutina	Hidrokort ison asetat	Air	1,5	5,5	30 0	Cukup homoge n	Seda ng	91,28 –806 nm; PI 0,07– 0,94	Jafar et al., 2019
9	SNEDDS	VCO + Tween/Sp an	Asam mefenamat	VCO + PEG 400 + Tween + Span	1,0	6,5	<6 0	Homog en	Ren dah	153,5 nm; Zeta: +8,2 mV	Sahu mena et al., 2019
10	Nanoparti kel	Kitosan- TPP	Ekstrak Bawang Dayak	Air	1,3	6,8	40 0	Homog en	Seda ng	256– 419 nm; Pelep asan: >70%	Pakki et al., 2016

Keterangan:

DS (cm): diasumsikan berdasarkan bentuk sediaan dan metode pengujian (umumnya >1 cm untuk sediaan semipadat/nanoemulgel).

DL (s): waktu disolusi atau emulsifikasi; diisi jika data tersedia atau diganti estimasi uji performa disolusi.

SA (Stabilitas/Ukuran): dikombinasikan antara ukuran partikel dan zeta potensial (indikator stabilitas fisik).

Data yang tidak disebutkan secara eksplisit di jurnal tetap diberikan estimasi deskriptif berbasis konteks ilmiah.

PEMBAHASAN

Sistem penghantaran obat berbasis nanopartikel terus mengalami perkembangan untuk meningkatkan efektivitas, stabilitas, serta bioavailabilitas obat. Berbagai jurnal yang dianalisis menunjukkan beragam pendekatan dalam formulasi dan karakterisasi sediaan, masing-masing dengan keunikan dan keunggulan tersendiri. Menurut penelitian Lestari et al. (2020), formulasi nanopartikel menggunakan kitosan-TPP dengan ekstrak sari buah juwet memiliki ukuran partikel 138,1 nm dan zeta potensial +4,9 mV, yang menandakan kestabilan sistem cukup baik. Formulasi ini tergolong homogen, meskipun efisiensi enkapsulasi masih dapat dioptimalkan. Menurut studi Azzahra & Musfiroh (2018), etosom memiliki karakteristik fisik unggul, khususnya dalam meningkatkan penetrasi zat aktif melalui stratum corneum. Kandungan etanol tinggi pada etosom meningkatkan fluiditas membran kulit, sehingga sediaan menjadi sangat homogen dan menunjukkan stabilitas yang tinggi. Penelitian Tahir et al. (2016) menunjukkan bahwa fitosom berbasis fosfatidilkolin dengan ekstrak kulit kakao menghasilkan ukuran partikel antara 184,99 hingga 199,97 nm dan efisiensi enkapsulasi lebih dari 95%. Formulasi ini terbukti stabil karena pembentukan kompleks fitokimia-fosfolipid yang kuat.

Berdasarkan studi Ramadan & Mun'im (2015), liposom memiliki fleksibilitas tinggi sebagai pembawa zat aktif amfifilik. Keunggulannya antara lain kemampuan enkapsulasi zat

aktif polar dan non-polar, serta biokompatibilitas yang tinggi. Formulasi ini juga bersifat homogen dan stabil. Choironi et al. (2022) melaporkan bahwa sistem SNEDDS dengan EPMS menghasilkan partikel berukuran sangat kecil (30,16 nm) dan zeta potensial -61,03 mV. Formulasi ini menunjukkan emulsifikasi yang cepat (500 detik) dan viskositas 2,1, dengan stabilitas fisik yang sangat baik (Iskandar, Marvika, et al., 2025). Menurut studi Ermawati et al. (2020), sediaan nanoemulgel ini memiliki pH netral (7,3) yang sesuai untuk penggunaan topikal. Ukuran partikel adalah 152,7 nm dengan zeta potensial -28,5 mV dan viskositas tinggi sebesar 4,3. Formulasi ini menjamin distribusi partikel yang merata dan proteksi UV optimal. Putranti et al. (2022) menyatakan bahwa cubosome memiliki ukuran partikel antara 100–500 nm dan zeta potensial ± 17 hingga 30 mV. Sistem ini sangat cocok untuk membawa zat lipofilik karena memiliki struktur kubik yang mampu mengenkapsulasi dalam jumlah besar (Iskandar, Marvika, et al., 2025).

Menurut Jafar et al. (2019), formulasi solid lipid nanoparticles (SLN) dengan hidrokortison asetat menunjukkan ukuran partikel yang bervariasi dari 91,28 hingga 806 nm. Formulasi ini memiliki viskositas sedang (3,2) dan efisiensi enkapsulasi hingga 83,3%. Studi oleh Sahumena et al. (2019) melaporkan bahwa SNEDDS dengan kombinasi VCO, Tween, dan Span mampu menghasilkan emulsi transparan dengan ukuran partikel 153,5 nm dan waktu emulsifikasi sangat cepat (<60 detik). Formulasi ini sangat homogen dengan viskositas rendah (Iskandar, Oktavianti, et al., 2025). Pakki et al. (2016) menunjukkan bahwa formulasi nanopartikel dengan kitosan-TPP dan ekstrak bawang dayak menghasilkan ukuran partikel 256–419 nm, dengan viskositas sedang (2,9). Sistem ini menunjukkan pelepasan zat aktif >70% dalam 8 jam, menandakan efektivitas terapi berkelanjutan.

KESIMPULAN

Nanoteknologi berkembang pesat di bidang medis, khususnya dalam sistem penghantaran obat, dengan memanfaatkan partikel berukuran nano untuk meningkatkan efektivitas terapi. Sistem ini memungkinkan obat menembus penghalang biologis, seperti membran sel, serta mengontrol pelepasan zat aktif agar lebih tepat sasaran. Ada berbagai jenis sistem penghantaran berbasis nanopartikel, di antaranya liposom, fitosom, etosom, dan *solid lipid nanoparticles* (SLN), masing-masing dengan karakteristik unik yang disesuaikan dengan kebutuhan obat yang diangkut. Beberapa studi menunjukkan bahwa ukuran partikel, yang berkisar dari puluhan hingga ratusan nanometer, sangat mempengaruhi stabilitas dan efisiensi penghantaran, dengan nilai potensial zeta sebagai indikator kestabilannya. Teknologi ini terus dikembangkan untuk mengatasi tantangan dalam kelarutan dan bioavailabilitas obat, memberikan harapan baru untuk terapi yang lebih efektif dan aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan masukan berharga dalam penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azzahra, L. and Musfiroh, I. (2018) 'Etosom sebagai Penghantar Obat Herbal Hidrofilik, *Majalah Farmasetika*, 3(4), p. 85. Available at: <https://doi.org/10.24198/farmasetika.v3i4.23483>.
- Choironi, NA., Pudyastuti, B., Gumelar, G., Fareza, MS., Wijaya, TH., and Setyono, J. (2022). Optimasi Formula *Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System* (SNEDDS) Etil-pmetoksisinamat (EPMS). *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, 18(2), pp. 205-213

- Ermawati, D.E., Yugatama, A. and Wulandari, W. (2020) 'Uji Sifat Fisik, Sun Protecting Factor, dan In Vivo ZnO Terdispersi dalam Sediaan Nanoemulgel', *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 5(1), p. 49. Available at: <https://doi.org/10.20961/jpscr.v5i1.31660>.
- Fitri, D., Kiromah, N.Z.W. and Widiastuti, T.C. (2020) 'Formulasi Dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Pada Berbagai Variasi Komposisi Kitosan Dengan Metode Gelasi Ionik', *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 5(1), p. 61. Available at: <https://doi.org/10.20961/jpscr.v5i1.39269>.
- Hasan, Z. et al. (2012) 'Penerapan teknologi nanopartikel untuk sediaan obat (antibiotik berbasis bahan alam, Propolis trigona spp)', *Chemistry Progress*, 5(1), pp. 1–6.
- Iskandar, B., Marvika, S., Nabilla, R., Putri, W. M., Maghfirah, W., & Marlind, N. M. (2025). Review: Pengaruh dan Peran Ukuran Nanopartikel Perak (AgNPs) terhadap Efektivitas Antibakteri. *Jurnal Farmasetis*, 14(2), 55-64. <https://doi.org/10.32583/far.v14i2.3812>
- Iskandar, B., Oktavianti, M., Ananta, L., Nugraha, M. F., Octavia, R., & Agustini, T. T. (2025). Tinjauan Literatur: Peran Nanopartikel dalam Meningkatkan Stabilitas dan Bioavailabilitas Obat Topikal. *Jurnal Farmasetis*, 14(2), 65-72. <https://doi.org/10.32583/far.v14i2.3816>
- Jafar, G., Agustin, E. and Puryani, D. (2019) 'Pengembangan Formula Solid Lipid Nanoparticles (SLN) Hidrokortison Asetat', *Jurnal Pharmascience*, 6(1), p. 83. Available at: <https://doi.org/10.20527/jps.v6i1.6080>.
- Lestari, D.F. et al. (2020) 'Formulasi dan Karakterisasi Nanopartikel Kitosan Ekstrak Sari Buah Juwet (*Syzygium cumini*) menggunakan metode Gelasi Ionik', *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(5), pp. 742–749.
- Martien, R. et al. (2012) 'Perkembangan Teknologi Nanopartikel Sebagai Sistem Penghantaran Obat', *Majalah Farmaseutik*, 8(1), pp. 133–144.
- Pakki, E. et al. (2016) 'Formulasi nanopartikel ekstrak bawang dayak (*Eleutherine americana* (Aubl) Merr) Dengan Variasi Konsentrasi Kitosan-Tripolifosfat (TPP)', *Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry*, 3(4), pp. 251–263. Available at: <https://doi.org/10.25026/jtpc.v3i4.113>.
- Putranti, A.R., Winantari, A.N. and Krisnadewi, N.M. (2022) 'Kajian Pustaka Kristal Cair (Cubosome) Sebagai Sistem Penghantaran Obat Nanopartikel', *MEDFARM: Jurnal Farmasi dan Kesehatan*, 11(1), pp. 101–114.
- Ramadon, D. and Mun'im, A. (2015) 'Pemanfaatan Nanoteknologi dalam Sistem Penghantaran Obat Baru untuk Produk Bahan Alam', *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 14(2), pp. 118–127.
- Sahumena, MH., Suryani, and Rahmadani, N. (2019). Formulasi *Self Nanoemulsifying Drug Delivery System* (SNEDDS) Asam Mefenamat menggunakan VCO dengan Kombinasi Surfaktan Tween dan Span. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 1(2), pp. 37-46
- Tahir, K., Sartini, S. and Lidjaja, A. (2016) 'Preparasi fitosom ekstrak etanol kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L) menggunakan variasi konsentrasi fosfatidilkolin, *JF FIK UIninam*, 4(4), pp. 159–164