

Implementasi prinsip halal dalam sistem penghantaran obat berbasis nanoteknologi: Tinjauan material, titik kritis, dan peluang pengembangan

Azka Azhari Rasyida Supoko

Program Studi Farmasi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

e-mail: zkrasyde@gmail.com

Kata Kunci:

Farmasi halal; sistem penghantaran obat; nanoteknologi; nanocarrier; titik kritis halal.

Keywords:

Halal pharmaceuticals; drug delivery systems; nanotechnology; nanocarriers; halal critical points.

ABSTRAK

Perkembangan nanoteknologi telah menghasilkan berbagai sistem penghantaran obat (drug delivery system) seperti liposom, lipid nanoparticle (LNP), nanoemulsi, solid lipid nanoparticle (SLN), dan polymeric nanoparticle yang mampu meningkatkan kelarutan, bioavailabilitas, stabilitas, serta efektivitas terapi. Di sisi lain, meningkatnya kebutuhan masyarakat Muslim terhadap produk kesehatan halal mendorong pentingnya evaluasi aspek kehalalan pada produk farmasi berbasis nanoteknologi. Artikel ini bertujuan untuk

mengkaji karakteristik berbagai jenis nanocarrier, mengidentifikasi titik kritis halal material penyusunnya, serta mengevaluasi tantangan dan peluang pengembangan nanofarmasi halal. Metode yang digunakan berupa kajian literatur dari berbagai publikasi ilmiah terkait nanoteknologi dan farmasi halal. Hasil kajian menunjukkan bahwa material yang umum digunakan dalam nanocarrier meliputi fosfolipid, kolesterol, lipid padat, surfaktan, polyethylene glycol (PEG), serta polimer alami dan sintetis. Beberapa bahan tersebut memiliki potensi titik kritis halal karena dapat berasal dari sumber hewani, melibatkan proses sintesis tertentu, atau berisiko mengalami kontaminasi silang selama produksi. Oleh karena itu, penerapan prinsip halal pada nanofarmasi memerlukan perhatian terhadap asal bahan baku, proses manufaktur, keterlacakan (traceability), dan sertifikasi halal. Integrasi aspek halal, mutu, keamanan, dan efektivitas diharapkan dapat mendukung pengembangan sistem penghantaran obat berbasis nanoteknologi yang sesuai dengan prinsip halal *thayyiban*.

ABSTRACT

The development of nanotechnology has led to the emergence of various drug delivery systems, including liposomes, lipid nanoparticles (LNPs), nanoemulsions, solid lipid nanoparticles (SLNs), and polymeric nanoparticles, which can improve drug solubility, bioavailability, stability, and therapeutic effectiveness. At the same time, the growing awareness of halal healthcare products among Muslim consumers has increased the need to evaluate the halal aspects of pharmaceutical products, including those based on nanotechnology. This review aims to examine the characteristics of different nanocarriers, identify the critical halal points of their constituent materials, and discuss the challenges and opportunities in the development of halal nanopharmaceuticals. A literature review approach was used by analysing scientific publications related to nanotechnology-based drug delivery systems and halal pharmaceuticals. The findings show that common nanocarrier materials include phospholipids, cholesterol, solid lipids, surfactants, polyethylene glycol (PEG), and various natural and synthetic polymers. Several of these materials may present critical halal concerns due to their animal-derived sources, manufacturing processes, or potential cross-contamination during production. Therefore, the implementation of halal principles in nanopharmaceutical products requires careful consideration of raw material sources, manufacturing processes, traceability, and halal certification. Integrating halal compliance with product



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

quality, safety, and efficacy may support the development of nanotechnology-based drug delivery systems that fulfil the principles of *halalan tayyiban*.

Pendahuluan

Hingga saat ini, perkembangan nanoteknologi telah membawa perubahan besar dalam sistem penghantaran obat (*drug delivery system*) (Egwu et al., 2024). Beberapa model nanocarrier seperti liposom, lipid nanoparticle (LNP), nanoemulsi, solid lipid nanoparticle (SLN), dan polimer nanopartikel dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan sediaan konvensional, terutama masalah kelarutan rendah, bioavailabilitas rendah, distribusi obat yang tidak spesifik, serta efek samping akibat paparan sistemik (Yulianti et al., 2025). Penggunaan sistem penghantaran obat berbasis nanoteknologi mampu meningkatkan stabilitas obat, memperpanjang waktu sirkulasi, meningkatkan target spesifik jaringan, dan memperbaiki efektivitas terapi (Egwu et al., 2024).

Di sisi lain, meningkatnya kesadaran masyarakat Muslim terhadap kehalalan produk kesehatan mendorong berkembangnya konsep farmasi halal (*halal pharmaceuticals*). Hal ini akan menyebabkan adanya kebutuhan yang semakin tinggi terhadap jaminan kehalalan produk farmasi (Sholihah, 2024). Terlebih lagi, tinjauan halal ini tidak hanya menunjuk pada bahan aktif sediaan saja, tetapi juga diarahkan pada bahan tambahan, bahan penolong, proses produksi, penyimpanan hingga rantai pasok produk farmasi (Abdul Aziz et al., 2022).

Namun, sebagian besar penelitian farmasi halal selama ini masih berfokus pada bahan baku konvensional seperti gelatin, kolagen, gliserin, magnesium stearat, dan kapsul (Herdiana et al., 2024). Kajian mengenai aspek halal pada sistem penghantaran obat berbasis nanoteknologi masih sangat terbatas, padahal formulasi nanoteknologi melibatkan berbagai komponen kritis yang sumber dan proses produksinya dapat memengaruhi status kehalalan produk. Selain itu, hingga saat ini belum terdapat pembahasan evaluasi halal yang secara khusus ditujukan untuk produk nanofarmasi modern.

Keterbatasan informasi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian antara perkembangan teknologi penghantaran obat berbasis nanoteknologi dengan implementasi prinsip halal dalam pengembangan produk farmasi modern. Oleh karena itu, dilakukan kajian literatur secara komprehensif yang mengevaluasi komponen penyusun nanocarrier, potensi titik kritis kehalalan, tantangan implementasi, serta peluang pengembangan sistem penghantaran obat berbasis nanoteknologi sesuai dengan prinsip halal dan *halalan thayyiban*.

Artikel ini disusun menggunakan metode kajian literatur terhadap jurnal-jurnal ilmiah terindeks yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir, dengan fokus pada karakteristik nanocarrier, titik kritis halal material penyusun, serta implementasi prinsip halal dalam sistem penghantaran obat berbasis nanoteknologi.

Pembahasan

Salah satu inovasi yang dikembangkan dalam bidang farmasi modern adalah penggunaan nanocarrier. Nanocarrier sendiri merupakan sistem penghantaran obat berukuran nanometer yang dirancang untuk meningkatkan kelarutan, stabilitas, bioavailabilitas, serta kemampuan penghantaran obat secara lebih spesifik ke target terapi (Alshawwa et al., 2022). Dalam konteks farmasi halal, keberhasilan suatu sistem penghantaran obat tidak hanya dinilai dari kemampuan farmasetika yang dimilikinya, tetapi juga dari kesesuaiannya dengan prinsip halal pada seluruh tahapan pengembangan produk. Konsep Farmasi Halal adalah semua produk farmasi yang dapat untuk digunakan sesuai dengan syariat Islam (Tukiran dkk., 2023). Farmasi *halal* (Halal Pharmaceutical) mengacu pada bahan baku, proses produksi, penyimpanan, hingga distribusinya yang memenuhi ketentuan syariat Islam serta terbebas dari unsur yang diharamkan maupun kontaminasi bahan non-halal. Oleh karena itu, aspek kehalalan tidak hanya menjadi perhatian pada zat aktif obat, tetapi juga pada excipien dan material penyusun sistem penghantaran obat yang digunakan (Tukiran et al., 2023b)

Material dan Karakteristik Jenis-jenis Nanocarrier

Berbagai jenis nanocarrier telah dikembangkan, antara lain liposome drug delivery system (DDS), lipid nanoparticle (LNP), nanoemulsion, solid lipid nanoparticle (SLN), dan polymeric nanoparticle. Masing-masing sistem memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari segi ukuran partikel, komponen penyusun, maupun keunggulan farmasetika yang ditawarkan. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan setiap jenis nanocarrier memiliki tantangan tersendiri dalam pemenuhan aspek halal.

Liposome

Liposom merupakan vesikel berbentuk sferis yang tersusun atas satu atau lebih lapisan fosfolipid bilayer yang mengelilingi komponen berair. Ukuran partikel liposom berada pada rentang 90,5–110,8 nm, dengan ukuran rata-rata liposom anionik sebesar 94,0 nm, liposom netral 110,8 nm, dan liposom kationik 92,6 nm. Keunggulan farmasetika liposom terletak pada kemampuannya mengenkapsulasi berbagai jenis obat, baik hidrofilik maupun lipofilik, meningkatkan stabilitas obat, memperpanjang waktu sirkulasi dalam tubuh, serta mengurangi efek samping obat konvensional (Egwu et al., 2024). Selain itu, kemiripan struktur liposom dengan membran sel menjadikannya sistem penghantar obat yang biokompatibel dan efektif untuk penghantaran biomolekul maupun obat antikanker dengan toksisitas yang lebih rendah dibandingkan sediaan konvensional (Syama et al., 2022). Dalam penelitian oleh Syama dkk., 2022, disebutkan bahwa untuk menurunkan toksisitas liposom dan meningkatkan distribusi obat, biasanya ditambahkan bahan pendukung berupa zat lipid, kolesterol, dan polimer seperti Polietilen-glikol (PEG).

Lipid Nanoparticle (LNP)

Lipid nanoparticle (LNP) merupakan sistem penghantaran obat non-viral berbasis lipid yang banyak digunakan untuk membawa molekul asam nukleat seperti siRNA dan mRNA. Pada penelitian ini, ukuran partikel LNP berkisar antara 112,3–123,7 nm untuk LNP anionik dan netral, sedangkan LNP kationik menunjukkan ukuran yang lebih besar yaitu sekitar 332 nm akibat kecenderungan agregasi partikel. Keunggulan farmasetika LNP meliputi biokompatibilitas yang tinggi, biodegradabilitas yang baik, toksisitas dan

imunogenisitas yang relatif rendah, serta kemampuan melindungi asam nukleat dari degradasi enzimatis selama sirkulasi. Selain itu, sistem LNP memiliki fleksibilitas formulasi yang tinggi, yang dapat digunakan dalam enkapsulasi berbagai molekul terapeutik contohnya pada siRNA, mRNA, maupun prodrug lipofilik, sehingga saat ini menjadi model material utama yang digunakan pada pengembangan terapi gen dan vaksin mRNA modern (Syama et al., 2022). Komponen penyusun LNP umumnya terdiri dari lipid terionisasi (ionizable lipid), fosfolipid, kolesterol, dan PEG-lipid, yang bekerja secara sinergis sebagai pelindung zat aktif obat dan meningkatkan distribusi zat aktif dalam tubuh.

Nanoemulsi

Nanoemulsi merupakan sistem penghantaran obat berbasis lipid dengan inti cair (liquid-core lipid nanoparticle) yang umumnya memiliki ukuran partikel pada rentang 20–200 nm, sehingga mampu meningkatkan luas permukaan kontak obat dan memperbaiki proses absorpsinya. Sistem ini tersusun atas fase minyak (oil phase), fase air, serta surfaktan atau ko-surfaktan yang berfungsi menjaga kestabilan dispersi. Dari sisi farmasetika, nanoemulsi memiliki beberapa keunggulan, yaitu meningkatkan kelarutan dan bioavailabilitas obat lipofilik, melindungi obat dari degradasi, mempermudah penghantaran obat ke berbagai target seperti mata, otak, kulit, dan payudara, serta meningkatkan efektivitas terapi melalui penetrasi yang lebih baik ke jaringan sasaran (Ma'arif et al., 2023).

Oleh karena itu, nanoemulsi menjadi salah satu sistem nanocarrier yang banyak dikembangkan untuk meningkatkan performa obat dengan kelarutan rendah dan memperbaiki keberhasilan terapi (Seo et al., 2023). Berdasarkan berbagai formulasi yang disebutkan dalam jurnal oleh Seo dkk., 2023, komponen minyak yang digunakan antara lain soybean oil, olive oil, triacetin, capmul MCM, dan isopropyl myristate, sedangkan surfaktan yang umum digunakan meliputi Tween 80, Span 20, Span 85, poloxamer 184, PEG 400, serta lesitin telur (egg yolk lecithin). Kombinasi komponen tersebut menghasilkan sistem yang stabil dan mampu membawa obat-obat yang sukar larut dalam air.

Solid Lipid Nanoparticles (SLN)

Solid Lipid Nanoparticle (SLN) merupakan sistem penghantaran obat berbasis lipid padat yang memiliki ukuran partikel yang sangat kecil, yaitu sekitar 83–89 nm sebelum diformulasikan ke dalam hidrogel dan meningkat menjadi sekitar 158–182 nm setelah diformulasikan ke dalam sistem gel (Ryan et al., 2023). Dari sisi farmasetika, SLN memiliki berbagai keunggulan, seperti meningkatkan kelarutan dan stabilitas obat yang sukar larut dalam air, melindungi zat aktif dari degradasi, memberikan pelepasan obat yang lebih terkontrol (sustained release), serta meningkatkan penetrasi obat pada jaringan target. Selain itu, ukuran partikelnya yang sangat kecil memungkinkan kontak yang lebih erat dengan permukaan kulit sehingga meningkatkan efek lokal, mengurangi absorpsi sistemik, dan meminimalkan efek samping. Karakteristik tersebut menjadikan SLN sebagai salah satu nanocarrier yang menjanjikan untuk meningkatkan efektivitas penghantaran obat, khususnya pada aplikasi topikal dan transdermal (Ryan et al., 2023). SLN tersusun atas lipid padat, surfaktan, dan ko-surfaktan. Kombinasi komponen

tersebut membentuk matriks lipid padat yang mampu mengenkapsulasi zat aktif dan menjaga stabilitasnya (Ryan et al., 2023).

Polymer

Polymeric nanoparticle merupakan sistem penghantar zat aktif obat yang berbentuk makromolekul, tersusun dari banyak unit kecil membentuk rantai panjang. Polimer yang digunakan dalam sistem penghantaran obat dapat berbentuk nanokapsul maupun nanosferis yang memiliki perbedaan pada komponen penyusunnya (Deng et al., 2020). Terutama pada polimer nanokapsul yang banyak dikembangkan sebagai sistem penghantaran obat karena mampu meningkatkan stabilitas, bioavailabilitas, dan efektivitas terapi melalui perlindungan obat dari degradasi serta pengaturan pelepasan obat secara terkontrol. Polimer dapat dibuat dengan berbagai material seperti PLGA (poly(lactic-co-glycolic acid)), polycaprolactone (PCL), polyethylene glycol (PEG), chitosan, alginate, pectin, poly-L-lysine, poly-L-arginine, cellulose acetate, Eudragit, serta beberapa polisakarida dan protein alami seperti albumin dan pati-patian (Deng et al., 2020).

Analisis Titik Kritis Halal

Berdasarkan Analisis bahan penyusun sistem nanocarrier (liposom, lipid nanopartikel, nanoemulsi, SLN, dan polimer) menunjukkan bahwa sistem penghantaran obat berbasis nano memiliki pola yang mirip. Namun masing-masing membawa titik kritis halal yang berbeda tergantung asal bahan, baik hewani, nabati maupun sintetis, serta proses produksinya. Pada liposom dan lipid nanopartikel, bahan utama seperti fosfolipid (misalnya lesitin) dan kolesterol sering digunakan. Titik kritis halal terletak pada lesitin, dapat berasal dari kedelai (halal) atau dari hewan yang berpotensi non-halal jika dari babi atau hewan tidak disembelih syar'i, serta kolesterol umumnya berasal dari lemak hewani. Hal yang sama juga berlaku pada solid lipid nanoparticle (SLN) yang menggunakan lipid padat seperti gliseril monostearat, stearat, atau trigliserida yang bisa berasal dari lemak hewani atau nabati, sehingga perlu verifikasi sumbernya. Oleh karena itu, bahan lipid merupakan titik kritis utama karena berkaitan langsung dengan asal biologisnya (Herdiana & Rusdiana, 2022).

Pada nanoemulsi, komponen utamanya adalah fase minyak, air, dan surfaktan/emulgator. Titik kritis halal terdapat pada surfaktan seperti Tween, Span, atau PEG derivatif, karena proses sintesisnya dapat melibatkan asam lemak yang bersumber dari hewan atau menggunakan pelarut atau agen yang tidak halal. Selain itu, fase minyak juga perlu diperhatikan (misalnya minyak hewani vs minyak nabati). Dalam sistem polimer, bahan seperti PLGA, PCL, PEG, chitosan, alginate, dan albumin memiliki variasi risiko halal. Polimer sintetis seperti PLGA dan PEG relatif lebih aman, tetapi tetap memiliki titik kritis pada bahan awal monomer dan katalis. Sementara itu, polimer alami seperti chitosan (dari cangkang udang), gelatin dan albumin (hewani), dan polisakarida memiliki titik kritis karena asalnya bisa dari hewan yang tidak halal atau proses ekstraksinya tidak sesuai syariat (Herdiana & Rusdiana, 2022).

Secara umum, bahan yang paling sering digunakan dalam sistem nanocarrier dan sekaligus paling kritis adalah fosfolipid (lesitin), kolesterol, surfaktan (Tween dan Span), dan PEG karena hampir selalu muncul dalam berbagai sistem (liposom, nanoemulsi, SLN). Dalam formulasi produk berbasis prinsip farmasi halal, hal yang perlu diperhatikan

meliputi: (1) kejelasan sumber bahan baku (nabati vs hewani), (2) proses produksi dan pemurnian (bebas kontaminasi najis/haram), (3) penggunaan pelarut dan bahan tambahan yang halal, serta (4) traceability dan sertifikasi halal pada seluruh rantai produksi (Herdiana et al., 2024). Namun, sesuai prinsip halal farmaseutikal, seluruh material tetap harus memenuhi aspek keterlacakan bahan baku (traceability), bebas kontaminasi silang, dan diproduksi melalui proses yang terjamin kehalalannya. Dengan demikian, evaluasi halal tidak hanya pada bahan utama tetapi juga excipient, proses sintesis, dan supply chain, karena semua dapat menjadi titik kritis dalam menentukan kehalalan produk farmasi (Herdiana & Rusdiana, 2022).

Solusi dan Hambatan Implementasi Pharmaceutical Halal

solusi untuk memenuhi formulasi sediaan sesuai prinsip farmasi halal adalah dengan melakukan substitusi bahan baku kritis ke sumber yang jelas kehalalannya (misalnya mengganti lipid hewani menjadi lipid nabati atau sintetik, gelatin menjadi alternatif seperti polisakarida, serta memastikan pelarut bebas alkohol non-halal), disertai traceability rantai pasok dan sertifikasi halal pada seluruh excipien dan bahan aktif. Selain itu, diperlukan integrasi antara aspek mutu, keamanan, efficacy (khasiat), dan halal compliance dalam proses formulasi. Namun, hambatan utama ada pada ketergantungan tinggi pada bahan baku impor, keterbatasan ketersediaan bahan halal bersertifikat, kurangnya panduan teknis formulasi halal, serta keterbatasan SDM dan infrastruktur industri dalam mengadaptasi sistem halal secara menyeluruh (Kasri et al., 2023). Selain itu, perihal kompleksitas sistem nanocarrier juga meningkatkan risiko titik kritis halal pada tahap produksi karena adanya penggunaan bahan yang multi-komponen.

Meski substitusi material dengan titik kritis halal telah banyak digagas, perlu adanya riset lanjutan dengan pendekatan kualitatif untuk mengevaluasi optimasi mutu produk yang menggunakan substitusi bahan kritis berbasis prinsip halal. Penelitian dapat difokuskan pada dampaknya terhadap karakteristik fisika-kimia produk, efikasi terapeutik, dan toksisitasnya. Hal ini penting karena perubahan bahan dapat memengaruhi bioavailabilitas dan performa penghantaran obat dalam sistem nanopartikel (Egwu et al., 2024).

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil kajian literatur yang dilakukan, model nanocarrier seperti liposom, lipid nanoparticle (LNP), Nanoemulsi, Solid Lipid Nanopartikel (SLN), dan Polymeric Nanoparticle memiliki berbagai keunggulan farmasetika, antara lain meningkatkan kelarutan, bioavailabilitas, stabilitas dan efektivitas penghantaran obat yang spesifik. Namun, penerapan farmasi halal memerlukan perhatian khusus terhadap aspek kehalalan material yang umum digunakan pada sediaan berbasis nanoteknologi ini. Beberapa bahan yang banyak digunakan, seperti fosfolipid, kolesterol, albumin, polimer alami maupun sintetik, memiliki titik kritis halal yang berkaitan dengan asal bahan baku, proses sintesis maupun ekstraksinya, serta risiko kontaminasi silang selama produksi. Oleh karena itu, evaluasi kehalalan pada produk nanofarmasi tidak cukup pada bahan aktif, tetapi juga seluruh excipien, proses manufaktur serta rantai pasok produk.

Untuk mendukung pengembangan obat berbasis nanoteknologi yang sesuai prinsip *Halal Pharmaceuticals*, perlu adanya sistem pelacakan (*Traceability*), sertifikasi halal yang terintegrasi dengan mutu, keamanan, dan efektivitas produk. Dengan demikian, hal ini dapat menjadi inovasi yang mampu memenuhi kebutuhan farmasi modern, sekaligus menjamin produk farmasi yang aman dan sesuai syariat Islam.

Daftar Pustaka

- Abdul Aziz, N., Abdullah, S. M., Nasrun, M., Roslan, M. A., & Awang @ Ali, M. N. (2022). Halal Labelling for the Malaysian Pharmaceutical Products: A Legal Review. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 12(5), Pages 1759-1776. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v12-i5/13210>
- Alshawwa, S. Z., Kassem, A. A., Farid, R. M., Mostafa, S. K., & Labib, G. S. (2022). Nanocarrier Drug Delivery Systems: Characterization, Limitations, Future Perspectives and Implementation of Artificial Intelligence. *Pharmaceutics*, 14(4), 883. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14040883>
- Deng, S., Gigliobianco, M. R., Censi, R., & Di Martino, P. (2020). Polymeric Nanocapsules as Nanotechnological Alternative for Drug Delivery System: Current Status, Challenges and Opportunities. *Nanomaterials*, 10(5), 847. <https://doi.org/10.3390/nano10050847>
- Egwu, C. O., Alope, C., Onwe, K. T., Umoke, C. I., Nwafor, J., Eyo, R. A., Chukwu, J. A., Ufebe, G. O., Ladokun, J., Audu, D. T., Agwu, A. O., Obasi, D. C., & Okoro, C. O. (2024). Nanomaterials in Drug Delivery: Strengths and Opportunities in Medicine. *Molecules*, 29(11), 2584. <https://doi.org/10.3390/molecules29112584>
- Herdiana, Y., & Rusdiana, T. (2022). Indonesian Halal Pharmaceutical: Challenges And Market Opportunities. *Indonesian Journal of Pharmaceutics*, 3(3), 99. <https://doi.org/10.24198/idjp.v3i3.37660>
- Herdiana, Y., Sofian, F. F., Shamsuddin, S., & Rusdiana, T. (2024). Towards halal pharmaceutical: Exploring alternatives to animal-based ingredients. *Heliyon*, 10(1), e23624. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23624>
- Kasri, R. A., Amalia, N., Yuniar, A. M., & Mariz, K. (2023). Opportunities and Challenges for Developing Halal Pharmaceuticals Industry in Indonesia. 5(1).
- Ma'arif, B., Azzahara, R., Rizki, F., Suryadinata, A., Wafi, A., Maulina, N., & Sugihantoro, H. (2023). Formulasi dan karakterisasi nanoemulsi ekstrak etanol 70% daun semanggi (*Marsilea crenata* C. Presl.): Formulation and characterization of 70% ethanol extract nanoemulsion of semanggi (*Marsilea crenata* C. Presl.) leaves. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 8(2), 733–746. <https://repository.uin-malang.ac.id/14789/7/14789.pdf>
- Ryan, A., Patel, P., Ratrey, P., O'Connor, P. M., O'Sullivan, J., Ross, R. P., Hill, C., & Hudson, S. P. (2023). The development of a solid lipid nanoparticle (SLN)-based lacticin 3147 hydrogel for the treatment of wound infections. *Drug Delivery and Translational Research*, 13(9), 2407–2423. <https://doi.org/10.1007/s13346-023-01332-9>
- Seo, Y., Lim, H., Park, H., Yu, J., An, J., Yoo, H. Y., & Lee, T. (2023). Recent Progress of Lipid Nanoparticles-Based Lipophilic Drug Delivery: Focus on Surface Modifications. *Pharmaceutics*, 15(3), 772. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15030772>

- Sholihah, A. A. (2024). Pengaruh VCO terhadap aktivitas krim ekstrak daun teh hijau (*camellia sinensis* L.) sebagai antibakteri penyebab jerawat (*propionibacterium acnes*): Studi in vitro dan in silico.
- Syama, K., Jakubek, Z. J., Chen, S., Zaifman, J., Tam, Y. Y. C., & Zou, S. (2022). Development of lipid nanoparticles and liposomes reference materials (II): Cytotoxic profiles. *Scientific Reports*, 12(1), 18071. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23013-2>
- Tukiran, N. A., Ahmad Anuar, N. A., & Jamaludin, M. A. (2023a). Gelatin In Halal Pharmaceutical Products. *Malaysian Journal of Syariah and Law*, 11(1). <https://doi.org/10.33102/mjssl.vol11no1.344>
- Tukiran, N. A., Ahmad Anuar, N. A., & Jamaludin, M. A. (2023b). GELATIN IN HALAL PHARMACEUTICAL PRODUCTS. *Malaysian Journal of Syariah and Law*, 11(1). <https://doi.org/10.33102/mjssl.vol11no1.344>
- Yulianti, E., Prasetyo, O. B., & Mubasyiroh, M. (2025). Formulasi Nanoemulsi Serum Antibakteri Penyebab Jerawat (*propionibacterium Acnes*) Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia sinensis*): Studi in Vitro dan in Siliko Serta Perspektif Islam <https://repository.uin-malang.ac.id/25476/>