

Penghantaran Obat Senyawa Antioksidan dari Daun Tin (*Ficus carica* L) melalui Sistem Nanoformulasi

Shopy Zakia Nadila *, Ratih Aryani, Hanifa Rahma

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

shopyzakianadila59@gmail.com, ratih.arya@unisba.ac.id, hanifa.rahma@email.com

Abstract. Free radicals are reactive compounds that can cause damage to body tissues, including the skin. Antioxidants play a crucial role in neutralizing free radicals and preventing their negative effects. Fig leaves extract (*Ficus carica* L.) contains quercetin as its primary flavonoid, which has significant potential in combating free radicals and protecting the skin from oxidative stress. However, the limited water solubility of active compounds such as quercetin restricts their effectiveness in pharmaceutical and cosmetic applications. This study aims to evaluate the effectiveness of nanoformulation systems in enhancing bioavailability. The method used is a literature review examining various journals discussing the antioxidant activity of fig leaves and nano delivery systems. The findings indicate that nanoformulations can improve skin permeability, extend the release time of active compounds, and protect them from degradation. Thus, nanoformulation systems have the potential to be an innovative solution for enhancing the effectiveness of fig leaves extract in topical applications.

Keywords: *Free Radicals, Antioxidants, Fig Leaves Extract, Nanoformulation, Quercetin.*

Abstrak. Radikal bebas merupakan senyawa reaktif yang dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan tubuh, termasuk kulit. Antioksidan berperan dalam menetralkan radikal bebas dan mencegah dampak negatifnya. Ekstrak daun tin (*Ficus carica* L.) mengandung kuersetin sebagai flavonoid utama dalam daun tin yang memiliki potensi besar dalam menangkal radikal bebas dan melindungi kulit dari stres oksidatif. Namun, keterbatasan kelarutan senyawa aktif, seperti kuersetin, dalam air membatasi efektivitasnya dalam aplikasi farmasi dan kosmetik. Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas sistem nanoformulasi dalam meningkatkan ketersediaan hayati. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan meninjau berbagai jurnal yang membahas aktivitas antioksidan daun tin dan sistem penghantaran nano. Hasil kajian menunjukkan bahwa nanoformulasi dapat meningkatkan permeabilitas kulit, memperpanjang waktu pelepasan senyawa aktif, serta melindunginya dari degradasi. Dengan demikian, sistem nanoformulasi berpotensi menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan efektivitas ekstrak daun tin dalam aplikasi topikal.

Kata Kunci: *Radikal Bebas, Antioksidan, Ekstrak Daun Tin, Nanoformulasi, Kuersetin.*

A. Pendahuluan

Radikal bebas, juga dikenal sebagai *Reactive Oxygen Species* (ROS), merupakan senyawa kimia yang tidak stabil dan sangat reaktif karena memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada orbital luarnya. Sifat tidak stabil ini membuatnya mampu menarik elektron dari molekul lain dalam tubuh seperti lipid, protein, maupun DNA, serta dapat memicu kerusakan elastis jaringan kulit (Hidayah *et al.*, 2021; Qodriah *et al.*, 2021; Widhiardani & Setiyadi, 2023). Radikal bebas dapat dihasilkan dari faktor internal maupun eksternal. Faktor internal berasal dari metabolisme tubuh, sedangkan faktor eksternal mencakup paparan asap rokok, radiasi sinar ultraviolet, zat pemicu radikal dalam makanan, serta polutan lainnya (Hidayah *et al.*, 2021; Qodriah *et al.*, 2021).

Dalam keadaan normal, radikal bebas dapat dinetralkan oleh antioksidan alami yang terdapat dalam tubuh. Namun, jika jumlah radikal bebas berlebihan dan melebihi kapasitas pertahanan tubuh, maka akan terjadi kondisi yang disebut stres oksidatif. Stres oksidatif dapat menyebabkan berbagai gangguan kulit seperti penuaan dini, hiperpigmentasi, dan peradangan (Maulidini *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan asupan antioksidan tambahan dari luar tubuh untuk mengatasi efek negatif radikal bebas. Antioksidan bekerja dengan menyumbangkan elektron kepada radikal bebas, sehingga mengurangi reaktivitasnya dan mencegah kerusakan sel (Umami *et al.*, 2022).

Antioksidan bertindak sebagai senyawa reduktor yang akan menyumbangkan elektronnya kepada senyawa radikal bebas, sehingga terjadi kesetimbangan. Menurut Umami *et al.* (2022), antioksidan dapat menghambat produksi ROS dengan cara menurunkan jumlah oksidan di dalam dan di sekitar sel, mencegah ROS untuk mencapai target biologisnya, membatasi penyebaran oksidan, dan menggagalkan stres oksidatif. Aktivitas antioksidan ditunjukkan dengan nilai IC_{50} (*Inhibitory Concentration 50%*). Semakin rendah nilai IC_{50} pada suatu senyawa, maka semakin tinggi aktivitas antioksidannya, sehingga menandakan kemampuannya yang lebih kuat dalam menangkap radikal bebas (Syamsu & Rachman, 2023).

Kulit merupakan organ terbesar dalam tubuh yang terletak pada bagian luar tubuh, sehingga memiliki peran penting sebagai penghalang untuk melindungi tubuh terhadap pengaruh lingkungan, serta dapat mencerminkan kondisi kesehatan seseorang (Haerani *et al.*, 2018; Sharma, 2024). Kulit terdiri dari 3 lapisan yaitu lapisan epidermis, lapisan dermis, dan lapisan hipodermis.

a. Lapisan Epidermis

Epidermis merupakan lapisan terluar kulit dan terdiri atas epitel berlapis gepeng dengan lapisan tanduk. Epitel ini terdiri dari keratinosit yang secara teratur diperbaharui melalui mitosis di lapisan basal yang secara berangsur digeser menuju ke permukaan. Ketika mencapai permukaan, sel-sel ini mati dan terkelupas. Proses ini membutuhkan waktu sekitar 20 sampai 30 hari (Kalangi, 2014). Epidermis terdiri dari 5 lapisan yaitu stratum basal, stratum spinosum, stratum granulosum, stratum lusidum, dan stratum korneum (Sharma, 2024).

- 1) Stratum basal, merupakan lapisan terdalam yang dipisahkan dari dermis oleh membran basal, mengandung melanosit dan sel-sel induk yang aktif secara mitosis untuk memproduksi keratinosit.
- 2) Stratum spinosum, 8-10 lapisan sel, mengandung sel-sel polihedral yang tidak beraturan (sering disebut “duri”) dan sel dendritik.
- 3) Stratum granulosum, 3-5 lapisan sel, mengandung sel berbentuk berlian dengan butiran keratohyalin dan butiran pipih. yang mengandung glikolipid.
- 4) Stratum lusidum, 2-3 lapisan sel, terdapat pada kulit yang lebih tebal seperti telapak tangan dan telapak kaki, terdiri dari lapisan tipis bening yang mengandung eleidin.
- 5) Stratum korneum, 20-30 lapisan sel, merupakan lapisan paling atas yang terdiri dari keratin dan sel skuamosa anukleat. Lapisan ini memiliki ketebalan yang bervariasi, serta menghasilkan defensin sebagai bagian dari pertahanan kekebalan tubuh.

b. Lapisan Dermis

Dermis terhubung dengan epidermis melalui membran basal. Terdiri atas dua lapisan yaitu stratum papilaris dan stratum retikularis, dimana batas antara kedua lapisan tidak tegas dan serat antaranya saling menjalin. Pada dermis terdapat kelenjar keringat, folikel rambut, otot, neuron sensorik, dan pembuluh darah (Kalangi, 2014; Sharma, 2024).

c. Lapisan Hipodermis

Hipodermis, juga dikenal sebagai fascia subkutan, merupakan lapisan kulit terdalam dan mengandung lobulus adiposa bersama dengan beberapa struktur pendukung kulit lainnya seperti folikel rambut, neuron sensorik, dan pembuluh darah (Sharma, 2024).

Salah satu sumber antioksidan alami yang potensial untuk perlindungan kulit dari stres oksidatif adalah tanaman tin (*Ficus carica* L.). Tanaman ini termasuk ke dalam keluarga moraceae yang merupakan salah satu keluarga tumbuhan tertua di dunia. Tanaman tin tumbuh dengan baik di wilayah Mediterania yang memiliki musim dingin yang sejuk serta musim panas yang kering dan panas. Meskipun demikian, tanaman ini juga dapat tumbuh dengan baik di lingkungan yang lebih lembab, seperti daerah tropis dan subtropis, termasuk di Indonesia. Hal ini dikarenakan tanaman tin memiliki kemampuan adaptasi yang luas terhadap berbagai kondisi lingkungan serta memiliki umur yang cukup panjang (Fajar & Mulyani, 2020; Amlia & Hazar, 2022).

Klasifikasi dari tanaman tin adalah sebagai berikut (Ramadan, 2023):

Divisi : Magnoliophyta
Famili : Moraceae
Genus : Ficus
Kelas : Magnoliopsida
Kingdom : Plantae
Ordo : Rosales
Spesies : *Ficus carica* Linn.

Tanaman tin (*Ficus carica* L.) memiliki ciri berupa pohon dengan ukuran besar yang dapat mencapai tinggi hingga 10 meter dan memiliki batang berwarna abu-abu dengan tekstur yang lunak. Daunnya besar, berbentuk oval atau hampir bulat, dengan 3 sampai 5 cuping berwarna hijau terang, serta memiliki panjang berkisar antara 12 sampai 25 cm dan lebar 10 sampai 18 cm. Permukaan daun kasar di bagian atas dan berbulu di bagian bawah. Bagian bunga tanaman tin tidak terlihat karena diselubungi oleh bagian dasar bunga yang melindunginya sehingga tertutup. Buahnya memiliki ukuran sekitar 3 sampai 5 cm, berwarna hijau, dan berubah menjadi kuning atau merah-hitam saat mencapai kematangan (Amlia & Hazar, 2022; Ramadan, 2023).

Ekstrak daun tin (*Ficus carica* L.) telah diketahui mengandung berbagai senyawa aktif dengan aktivitas antioksidan tinggi. Daun tin memiliki kandungan flavonoid, alkaloid, terpenoid, steroid, dan saponin yang berkontribusi terhadap efek antioksidannya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol 70% dari daun tin memiliki nilai IC₅₀ yang rendah, menandakan aktivitas antioksidan yang sangat kuat. Kuersetin, flavonoid utama dalam daun tin, memiliki potensi besar dalam menangkal radikal bebas dan melindungi kulit dari stres oksidatif. Namun, sifat kuersetin yang kurang larut dalam air membatasi efektivitasnya dalam aplikasi farmasi dan kosmetik. Oleh karena itu, sistem penghantaran berbasis nanoformulasi menjadi solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan ketersediaan hayati dan efektivitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas sistem penghantaran berbasis nanoformulasi dalam mengantarkan senyawa antioksidan dari ekstrak daun tin, serta mengevaluasi potensi penggunaannya dalam aplikasi topikal untuk perlindungan kulit dari stres oksidatif.

B. Metode

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan membahas aktivitas antioksidan daun tin dan sistem penghantaran nano. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan, menganalisis, dan mengutip temuan dari berbagai penelitian yang relevan dengan topik yang dibahas. Pencarian pustaka dilakukan melalui Google Scholar, ScienceDirect, PubMed, serta berbagai situs jurnal ilmiah lainnya.

Kriteria inklusi yang ditetapkan meliputi:

1. Penelitian yang telah dipublikasikan dalam jurnal internasional maupun nasional yang membahas aktivitas antioksidan daun tin serta mencantumkan nilai IC₅₀ sebagai parameter aktivitas antioksidan.
2. Penelitian yang telah dipublikasikan dalam jurnal internasional maupun nasional yang membahas sistem penghantaran nano dengan senyawa aktif kuersetin.

3. Jurnal yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2015-2025.
4. Jurnal penelitian yang tersedia dalam bentuk full text.

Kriteria eksklusi yang ditetapkan meliputi:

1. Jurnal yang tidak mencantumkan nilai IC50 sebagai parameter aktivitas antioksidan dari daun tin.
2. Jurnal yang membahas sistem penghantaran nano secara umum.
3. Jurnal yang merupakan literatur review.
4. Jurnal yang hanya mencantumkan abstrak.

Setelah dilakukan penulisan jurnal berdasarkan seleksi kriteria inklusi dan eksklusi seperti yang telah dijelaskan diatas, selanjutnya dilakukan review jurnal, pembahasan dan kesimpulan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Ekstrak daun tin (*Ficus carica* L.) telah menunjukkan potensi besar sebagai sumber antioksidan alami yang dapat dimanfaatkan dalam sistem penghantaran berbasis nanoformulasi. Tanaman tin, terutama bagian daunnya, diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan bagian tanaman lainnya seperti buah, kayu, ataupun kulit. Hal ini diungkapkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Li et al. (2021), yang menunjukkan bahwa daun tin memiliki kandungan senyawa bioaktif yang lebih tinggi, yang berkontribusi pada kemampuannya dalam menangkal radikal bebas. Aktivitas antioksidan ini sangat penting, mengingat dampak negatif dari stres oksidatif yang dapat merusak sel-sel tubuh dan mempercepat proses penuaan.

Beberapa penelitian telah mengkaji aktivitas antioksidan pada ekstrak daun tin. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Maryam (2022) menunjukkan bahwa ekstrak etanol 70% dari daun tin varietas Green Jordan memiliki nilai IC50 sebesar 39,027 µg/mL, yang menunjukkan bahwa ekstrak ini memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan. Penelitian lebih lanjut oleh Balqis Hira (2023) dalam skripsinya juga menunjukkan hasil yang serupa, dengan nilai IC50 sebesar 19,92 µg/mL untuk ekstrak etanol 70% dari daun tin varietas Green Jordan. Kedua penelitian ini mengindikasikan bahwa daun tin memiliki potensi besar sebagai agen antioksidan yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi kesehatan, terutama dalam bidang farmasi dan kosmetik. Dengan demikian, daun tin menjadi bahan yang sangat menarik untuk dikembangkan lebih lanjut, terutama dalam bentuk formulasi yang lebih efektif dan stabil.

Aktivitas ini disebabkan oleh kandungan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, terpenoid, steroid, dan saponin (Zhao, 2021). Kuersetin sebagai flavonoid utama memiliki potensi sebagai agen antioksidan yang kuat dengan sifat farmakokinetik yang mendukung aplikasi topikal. Dalam sistem penghantaran berbasis nanoformulasi, efektivitas senyawa aktif dari ekstrak daun tin dapat ditingkatkan. Pengecilan ukuran partikel memungkinkan senyawa aktif lebih mudah menembus lapisan dermis kulit, meningkatkan stabilitas, serta meningkatkan bioavailabilitasnya. Beberapa studi menunjukkan bahwa penggunaan sistem penghantaran nano dapat meningkatkan absorpsi dan efektivitas antioksidan kuersetin.

Nanopartikel merupakan partikel dengan ukuran dalam rentang 1-100 nm yang memiliki luas permukaan yang tinggi dan sifat unik dibandingkan dengan bahan dalam bentuk makroskopik. Teknologi nanopartikel telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk farmasi, kosmetik, dan biomedis. Teknologi ini juga memungkinkan pelepasan senyawa aktif yang lebih terkendali, sehingga memperpanjang durasi efektivitasnya dalam tubuh. Sistem penghantaran nano memiliki beberapa keunggulan dalam penghantaran senyawa antioksidan, antara lain meningkatkan permeabilitas kulit, memperpanjang waktu pelepasan, serta melindungi senyawa aktif dari degradasi akibat faktor lingkungan seperti cahaya dan oksidasi (Nugroho, 2020). Selain itu, aplikasi topikal dari formulasi berbasis nanopartikel memungkinkan distribusi yang lebih merata pada kulit, sehingga dapat mengurangi efek penuaan dini akibat stres oksidatif.

Menurut penelitian Umami et al. (2022), sistem nanopartikel polimerik dapat meningkatkan stabilitas senyawa aktif dalam formulasi gel, yang berimplikasi pada peningkatan efektivitasnya dalam menghambat kerusakan oksidatif pada kulit. Senyawa aktif yang terenkapsulasi dalam nanopartikel memiliki laju pelepasan yang lebih terkontrol, yang memungkinkan efek antioksidan bertahan lebih lama dibandingkan dengan formulasi konvensional. Sementara itu, penelitian Tripathi

et al. (2022) menunjukkan bahwa nanoformulasi kuersetin dalam bentuk nanostructured lipid carriers (NLCs) dan deformable liposomes dapat meningkatkan penetrasi serta akumulasi kuersetin di berbagai lapisan kulit. Formulasi ini tidak hanya meningkatkan stabilitas kuersetin tetapi juga memperpanjang efek perlindungan terhadap stres oksidatif akibat paparan sinar UV. Quercetin-loaded NLCs secara signifikan meningkatkan retensi kuersetin di epidermis dan dermis serta memperlancar difusi melewati stratum korneum. Deformable liposomes, di sisi lain, memungkinkan pelepasan kuersetin yang lebih efisien dan penetrasi yang lebih dalam ke dalam kulit.

Adapun studi yang dipublikasikan di PubMed pada tahun 2023, yang menyelidiki nanopartikel kuersetin yang dienkapsulasi dengan kitosan-TPP. Penelitian ini menemukan bahwa nano-kuersetin menunjukkan sifat antioksidan yang lebih kuat dibandingkan dengan kuersetin biasa, yang membantu mengatasi abnormalitas maternal/fetal yang diinduksi oleh etion. Nanopartikel yang disintesis memiliki ukuran sekitar $363,2 \pm 1,23$ nm pada hari pertama dan $385,63 \pm 1,53$ nm pada hari ke-60, dengan efisiensi enkapsulasi sebesar $85,16 \pm 0,33\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa nanopartikel kitosan-TPP efektif dalam mengenkapsulasi kuersetin dan meningkatkan aktivitas biologisnya.

Hal tersebut diperkuat oleh penelitian Amalia et al. (2022), yang mengkaji laju difusi kuersetin dalam nanopartikel. Dalam penelitiannya, nanopartikel kitosan-TPP yang mengandung ekstrak etanol bawang merah (*Allium cepa* L.) menunjukkan bahwa kuersetin mengalami difusi secara bertahap dalam medium buffer fosfat pH 7.4. Ini menunjukkan bahwa sistem nanopartikel dapat membantu mengontrol pelepasan kuersetin secara berkelanjutan, sehingga meningkatkan efektivitas farmakologisnya.

Keunggulan nanoformulasi dalam meningkatkan difusi kuersetin dapat dirinci dalam beberapa aspek penting, yang mencakup:

- 1. Peningkatan Kelarutan:** Nanoformulasi, seperti nanopartikel lipida padat (SLN), nanostruktur lipid carriers (NLC), dan nanopartikel polimer, dapat meningkatkan kelarutan kuersetin dalam cairan biologis. Dengan ukuran partikel yang sangat kecil (1-100 nm), luas permukaan efektif meningkat, memungkinkan peningkatan kelarutan dan laju disolusi.
- 2. Difusi yang Lebih Efisien:** Partikel nano memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan partikel makro atau mikropartikel, yang memungkinkan penetrasi yang lebih baik melalui membran biologis. Hal ini memfasilitasi difusi kuersetin ke dalam sel dan jaringan target dengan lebih cepat dan efisien dibandingkan bentuk konvensional.
- 3. Pelepasan Terkontrol:** Nanoformulasi memungkinkan pelepasan kuersetin yang lebih terkontrol dan berkelanjutan. Hal ini dapat menghindari degradasi prematur dan meningkatkan durasi aksi farmakologisnya dalam tubuh. Misalnya, nanopartikel polimer berbasis kitosan mampu melindungi kuersetin dari lingkungan gastrointestinal yang keras sebelum mencapai sirkulasi sistemik.
- 4. Peningkatan Bioavailabilitas:** Nanoformulasi memungkinkan absorpsi yang lebih baik melalui mekanisme endositosis seluler, dibandingkan dengan difusi pasif yang biasa terjadi pada senyawa hidrofobik seperti kuersetin dalam bentuk konvensional. Dengan demikian, lebih banyak kuersetin yang dapat mencapai target aksi dengan konsentrasi terapeutik yang lebih optimal.
- 5. Stabilitas yang Lebih Baik:** Kuersetin dalam bentuk nanoformulasi lebih stabil terhadap faktor lingkungan, seperti pH dan enzim yang dapat menyebabkan degradasi cepat dalam sistem tubuh. Stabilitas yang lebih baik memastikan bahwa kuersetin dapat bertahan lebih lama dalam sirkulasi dan memberikan efek farmakologis yang lebih maksimal.

Namun, terdapat beberapa tantangan dalam penerapan nanoformulasi untuk ekstrak daun tin. Salah satunya adalah stabilitas formulasi dalam jangka waktu yang lama, terutama dalam kondisi penyimpanan yang kurang optimal. Selain itu, efektivitas penghantaran juga bergantung pada jenis dan konsentrasi eksipien yang digunakan dalam formulasi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memastikan keamanan dan efisiensi formulasi nano dalam berbagai kondisi lingkungan. Stabilitas fisik dan kimia nanopartikel juga menjadi perhatian utama dalam formulasi farmasi dan kosmetik. Menurut penelitian Ashfaq *et al.* (2023), ukuran partikel dan distribusi ukuran memainkan peran penting dalam menentukan stabilitas serta efektivitas formulasi nano. Oleh karena itu, optimasi formulasi menjadi aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sistem nano berbasis ekstrak

daun tin.

Pengembangan teknologi nanoformulasi juga membuka peluang untuk aplikasi yang lebih luas dalam industri farmasi dan kosmetik. Dengan pemanfaatan sistem nanopartikel lipid padat, misalnya, ekstrak daun tin dapat diformulasikan dalam bentuk serum atau krim yang lebih stabil dan memiliki daya penetrasi lebih baik pada lapisan kulit. Kajian farmakokinetik lebih lanjut diperlukan untuk memahami interaksi senyawa aktif dengan jaringan kulit dan memastikan efektivitasnya dalam penggunaan jangka panjang. Selain itu, aspek keamanan dalam penggunaan jangka panjang juga harus diperhitungkan. Menurut studi yang dilakukan oleh Xuan *et al.* (2023) beberapa sistem nano dapat memicu reaksi imun atau toksisitas jika tidak diformulasikan dengan tepat. Oleh karena itu, evaluasi lebih lanjut mengenai toksisitas dan biokompatibilitas nanoformulasi ekstrak daun tin sangat diperlukan.

Dengan demikian, kajian ini menunjukkan bahwa sistem nanoformulasi merupakan metode yang efektif untuk meningkatkan ketersediaan hayati dan efektivitas senyawa antioksidan dari ekstrak daun tin. Pengembangan lebih lanjut dalam aspek stabilitas formulasi, optimasi dosis, dan uji klinis diperlukan untuk memastikan keamanan serta efektivitas penggunaannya dalam aplikasi farmasi dan kosmetik. Studi mendalam mengenai interaksi nanopartikel dengan sel kulit juga penting untuk meminimalkan potensi efek samping dan meningkatkan manfaatnya bagi kesehatan kulit. Dengan adanya inovasi dalam teknologi penghantaran berbasis nano, ekstrak daun tin berpotensi menjadi bahan aktif yang unggul dalam industri farmasi dan kosmetik masa depan.

D. Kesimpulan

Berdasarkan kajian literatur yang dilakukan, ekstrak daun tin (*Ficus carica* L.) memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat, ditandai dengan nilai IC₅₀ yang rendah. Senyawa flavonoid, terutama kuersetin, berperan penting dalam menangkal radikal bebas dan melindungi kulit dari stres oksidatif. Namun, keterbatasan kelarutan senyawa aktif ini dalam air membatasi efektivitasnya dalam aplikasi farmasi dan kosmetik.

Penggunaan sistem nanoformulasi terbukti dapat meningkatkan bioavailabilitas dan efektivitas penghantaran ekstrak daun tin ke dalam kulit. Teknologi ini memungkinkan pelepasan senyawa aktif yang lebih terkendali, meningkatkan permeabilitas kulit, serta melindungi senyawa dari degradasi. Oleh karena itu, nanoformulasi berpotensi menjadi solusi yang inovatif dalam meningkatkan efektivitas antioksidan dari ekstrak daun tin dalam aplikasi topikal.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan formulasi, mengevaluasi stabilitas jangka panjang, serta mengkaji aspek keamanan dan efektivitasnya melalui uji klinis yang lebih mendalam.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prodi Farmasi Universitas Islam Bandung atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan kontribusi dalam proses pengumpulan dan analisis data. Selain itu, penulis menghargai semua pihak yang telah berperan dalam penyediaan literatur serta diskusi ilmiah yang memperkaya penelitian ini. Terakhir, terima kasih kepada keluarga dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan moral selama proses penyusunan jurnal ini.

Daftar Pustaka

- Amalia, A., Elfiyani, R., & Sari, P. U. (2022). Diffusion rate of quercetin from chitosan-TPP nanoparticles dispersion of onion (*Allium cepa* L.) ethanol extract in medium phosphate buffer pH 7.4. *Pharmaciana*, 12(1). <https://doi.org/10.12928/pharmaciana.v12i1.21585>
- Amlia, R. D., & Hazar, S. (2022). Karakterisasi Simplisia Daun Tin (*Ficus Carica* L.). *Jurnal Riset Farmasi*, 119–124. <https://doi.org/10.29313/jrf.v2i2.1447>

- Ashfaq, R., Rasul, A., Asghar, S., Kovács, A., Berkó, S., & Budai-Szűcs, M. (2023). Lipid Nanoparticles: An Effective Tool to Improve the Bioavailability of Nutraceuticals. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Issue 21). <https://doi.org/10.3390/ijms242115764>
- Azhar, S. F., Y, K. M., & Kodir, R. A. (2021). Pengaruh Waktu Aging dan Metode Ekstraksi terhadap Aktivitas Antioksidan Black Garlic yang Dibandingkan dengan Bawang Putih (*Allium sativum* L.). *Jurnal Riset Farmasi*, 1(1), 16–23. <https://doi.org/10.29313/jrf.v1i1.43>
- Fajar, W., & Mulyani, T. (2020). REVIEW ARTIKEL : ETNOFARMAKOLOGI TANAMAN TIN (*Ficus Carica* L.) (KAJIAN TAFSIR ILMI TENTANG BUAH TIN DALAM AL-QUR'AN). *Jurnal Farmagazine*, 7(1), 58. <https://doi.org/10.47653/farm.v7i1.156>
- Gery Umami, Gita Cahya Eka Darma, & Mentari Luthfika Dewi. (2022). Formulasi Basis Masker Mata Hidrogel sebagai Metode Penghantaran Sediaan Antioksidan. *Bandung Conference Series: Pharmacy*, 2(2). <https://doi.org/10.29313/bcsp.v2i2.4139>
- Haerani, A., Chaerunisa, A. Y., & Subarnas, A. (2018). Artikel Tinjauan: Antioksidan Untuk Kulit. *Farmaka*, 16(2), 135–151.
- Hidayah, H., Kusumawati, A. H., Sahevtiyani, S., & Amal, S. (2021). LITERATURE REVIEW ARTICLE: AKTIVITAS ANTIOKSIDAN FORMULASI SERUM WAJAH DARI BERBAGAI TANAMAN. *Journal of Pharmacopolium*, 4(2). <https://doi.org/10.36465/jop.v4i2.739>
- Hira, B. (2024). Potensi Aktivitas Antioksidan dari Daun Tin. *Jurnal Riset Farmasi*, 29–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.29313/jrf.v4i1.3852>
- Kalangi, S. J. R. (2014). HISTOFISIOLOGI KULIT. *JURNAL BIOMEDIK (JBM)*, 5(3). <https://doi.org/10.35790/jbm.5.3.2013.4344>
- Li, Z., Yang, Y., Liu, M., Zhang, C., Shao, J., Hou, X., Tian, J., & Cui, Q. (2021). A comprehensive review on phytochemistry, bioactivities, toxicity studies, and clinical studies on *Ficus carica* Linn. leaves. In *Biomedicine and Pharmacotherapy* (Vol. 137). <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111393>
- Maryam, S. (2022). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Tin (*Ficus Carica* L.) Purple Jordan Lebih Kuat Dari Green Jordan. *Agustus*, 16(2), 1858–0629.
- Maulidini, S., Nian, R. B., & Nurlaeli, L. (2023). Optimasi Formula Gel Antioksidan dengan Ekstrak Labu Kuning (*Cucurbita maxima*) sebagai Bahan Aktif. *Jurnal Integrasi Kesehatan & Sains*, 5(2). <https://doi.org/10.29313/jiks.v5i2.11470>
- Qodriah, R., Simanjuntak, P., & Putri, D. A. E. (2021). Uji Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Daun Tin (*Ficus carica* L.) varietas Iraqi Menggunakan Metode Ekstraksi Sonikasi. *SAINSTECH FARMA*, 14(2). <https://doi.org/10.37277/sfj.v14i2.994>
- Ramadan, M. F. (2023). Fig (*Ficus carica*): Production, processing, and properties. In *Fig (Ficus carica): Production, Processing, and Properties*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-16493-4>
- Sharma, H. Y. ; M. A. ; S. (2024). Anatomi, Kulit (Integumen), Epidermis. *StatPearls Publ.*
- Syamsu, R. F., & Rachman, M. E. (2023). UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN ETANOL BUAH TIN (*Ficus carica*) DENGAN METODE DPPH DAN FRAP. *As-Syifaa Jurnal Farmasi*, 15(1). <https://doi.org/10.56711/jifa.v15i1.976>
- Tripathi, N., Verma, S., Vyas, M., Yadav, N. S., Gain, S., & Khatik, G. L. (2022). Nanoformulations of

quercetin: a potential phytochemical for the treatment of uv radiation induced skin damages. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 58. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902020000118744>

Widhiardani, F. A. F., & Setiyadi, G. (2023). OPTIMASI GLISEROL SEBAGAI HUMECTANT DAN HPMC SEBAGAI GELLING AGENT DALAM FORMULA GEL ANTIOKSIDAN EKSTRAK WORTEL (*Daucus carota* L.). *Usadha Journal of Pharmacy*. <https://doi.org/10.23917/ujp.v2i3.86>

Xuan, L., Ju, Z., Skonieczna, M., Zhou, P. K., & Huang, R. (2023). Nanoparticles-induced potential toxicity on human health: Applications, toxicity mechanisms, and evaluation models. In *MedComm* (Vol. 4, Issue 4). <https://doi.org/10.1002/mco2.327>