

Physicochemical Profile of Red Ginger (*Zingiber officinale*) SNEDDS as Potential Antidiabetic

Surya Sumantri Abdullah^{1*}, Sri Sudewi¹, Irma Antasionasti¹, Rezky Putri Indarwati Abdullah²

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi,

²Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia

*Email: suryasumantri@unsrat.ac.id

ABSTRACT

*This study developed a Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System (SNEDDS) of red ginger (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) to enhance its stability and bioavailability. 8 formulas (F1–F8) were tested with varying Tween 80 : PEG 400 ratios (Smix 4.5 mL). Formula F7 (2.8 : 1.8 mL) produced a water-clear emulsion with pH 5.20 ± 0.02 and excellent stability for 28 days. PSA results showed droplet size 20.33 ± 0.57 nm, PDI 0.430 ± 0.053 , and zeta potential -19.58 ± 1.50 mV. These findings indicate that F7 was the optimum, physicochemically stable SNEDDS formulation, potentially improving solubility and oral bioavailability of red ginger's active compounds as a phytopharmaceutical antidiabetic candidate.*

Keywords: red ginger, SNEDDS, nanoemulsion, physicochemical stability

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System (SNEDDS) ekstrak goraka merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) untuk meningkatkan kestabilan dan bioavailabilitasnya. 8 formula (F1–F8) diuji dengan variasi rasio Tween 80 : PEG 400 pada total Smix konstan 4,5 mL. Formula F7 (2,8 : 1,8 mL) menunjukkan kejernihan sempurna (*water-clear*), pH $5,20 \pm 0,02$, dan stabilitas terbaik selama 28 hari. Hasil Particle Size Analyzer (PSA) menunjukkan ukuran partikel $20,33 \pm 0,57$ nm, PDI $0,430 \pm 0,053$, dan zeta potensial $-19,58 \pm 1,50$ mV. Hasil ini membuktikan F7 sebagai formulasi optimum, stabil secara fisikokimia, dan berpotensi meningkatkan kelarutan serta bioavailabilitas oral senyawa aktif goraka merah sebagai kandidat pengobatan antidiabetik.

Kata kunci: Jahe merah, SNEDDS, nanoemulsi, kestabilan fisikokimia

Pendahuluan

Diabetes melitus merupakan salah satu tantangan kesehatan global yang diakibatkan oleh hiperglikemia kronis, sering kali disebabkan oleh gangguan dalam sekresi atau tindakan insulin serta peningkatan stres oksidatif dalam tubuh (Mairuae et al., 2024). Penelitian menunjukkan bahwa senyawa bioaktif alami yang memiliki aktivitas antioksidan dapat berperan penting dalam pengendalian kadar glukosa darah dan pencegahan komplikasi metabolik yang berhubungan dengan diabetes (Mairuae et al., 2024). Salah satu sumber senyawa tersebut adalah goraka merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*), yang telah banyak dipelajari karena potensinya dalam terapi diabetes.

Goraka merah mengandung senyawa aktif seperti gingerol, shogaol, dan zingerone, yang telah terbukti memiliki manfaat terapeutik. Gingerol, misalnya, tidak hanya berfungsi untuk menurunkan kadar glukosa darah, tetapi juga meningkatkan sensitivitas insulin dan melindungi sel β pankreas dari kerusakan akibat stres oksidatif (Mairuae et al., 2024). Penelitian oleh Mairuae et al. menunjukkan bahwa ekstrak yang diperkaya dengan gingerol dan shogaol dapat melindungi sel dari kerusakan yang disebabkan oleh stres oksidatif, menunjukkan peningkatan viabilitas sel serta aktivitas enzim antioksidan yang lebih tinggi (Mairuae et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa senyawa dari goraka merah dapat memberikan efek perlindungan pada sel-sel pankreas yang krusial dalam pengaturan glukosa.

Namun, meskipun memiliki manfaat yang signifikan, penggunaan senyawa gingerol dan shogaol pada manusia sering kali terhambat oleh masalah kelarutan air dan bioavailabilitas oral yang rendah, yang dapat mengurangi efektivitasnya dalam pengobatan diabetes (Mairuae et al., 2024). Oleh karena itu, pengembangan teknik pengantaran yang lebih baik seperti pengkapsulan phytosome diusulkan untuk meningkatkan bioavailabilitas senyawa ini (Mairuae et al., 2024). Melalui inisiatif tersebut, efek terapeutik dari goraka merah dapat dimaksimalkan, menawarkan strategi baru dalam manajemen diabetes melitus dan mengurangi risiko komplikasi yang terkait dengan kondisi ini.

Dalam konteks yang lebih luas, penting untuk mengakui bahwa tanaman seperti goraka merah, dengan komponen bioaktifnya, merupakan potensi sumber yang menarik dalam pengembangan terapi baru untuk penyakit metabolik modern, termasuk diabetes. Oleh karena itu, lebih banyak penelitian diperlukan untuk memahami mekanisme dan efektivitas senyawa-senyawa ini dalam konteks klinis yang lebih luas.

Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System (SNEDDS) merupakan inovasi dalam penghantaran obat yang menawarkan cara baru untuk mengatasi masalah kelarutan dan bioavailabilitas dari senyawa lipofilik. SNEDDS terdiri dari campuran isotropik minyak, surfaktan, dan kosurfaktan yang dapat membentuk emulsi nanometer (10-200 nm) secara spontan saat bersentuhan dengan media cair, seperti isi saluran cerna (Aisy et al., 2021; Priani et al., 2017). Dengan mekanisme ini, SNEDDS meningkatkan luas permukaan kontak antara obat dan medium, yang pada gilirannya memperbaiki laju disolusi dan absorpsi senyawa lipofilik yang sulit dikelola dalam sistem konvensional (Krstić et al., 2015; Priani et al., 2021).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa aplikasi SNEDDS dapat meningkatkan bioavailabilitas obat, terutama untuk senyawa yang memiliki kelarutan rendah dalam air. Misalnya, penelitian oleh Priani et al. menunjukkan bahwa glimepirid, obat antidiabetika yang dikenal memiliki kelarutan rendah, menunjukkan peningkatan bioavailabilitas yang signifikan ketika diformulasikan dalam sistem SNEDDS (Priani et al., 2017). Selain itu, pengembangan SNEDDS untuk piroxicam juga menunjukkan hasil yang menjanjikan, di mana sistem ini meningkatkan efisiensi disolusi piroxicam dibandingkan dengan sediaan konvensional, dengan tingkat disolusi SNEDDS mencapai 85,54%, jauh lebih tinggi dibandingkan 34,51% untuk bubuk piroxicam dan 66,17% untuk kapsul piroxicam komersial (Nugroho et al., 2024; Nuari et al., 2021). Riset lain pada sistem SNEDDS yang mengandung minyak hati cod juga memperlihatkan sifat fisik yang stabil, mendukung potensi aplikasi formulasi ini dalam transportasi bioaktif (Priani et al., 2021).

Pentingnya teknologi SNEDDS diperkuat oleh temuan yang menunjukkan bahwa sistem ini tidak hanya meningkatkan kelarutan dan bioavailabilitas senyawa lipofilik, tetapi juga memberikan stabilitas yang lebih baik bagi obat-obatan ini (Wahyuningsih et al., 2020). Salah satu studi yang meneliti efek perlindungan SNEDDS terhadap tingkat malondialdehid menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengurangi efek samping obat yang dapat menyebabkan kerusakan (Wahyuningsih et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi profil fisikokimia sediaan SNEDDS ekstrak goraka merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) sebagai sistem penghantaran potensial untuk terapi antidiabetes. Analisis meliputi karakterisasi ukuran partikel, indeks polidispersitas, pH, dan stabilitas fisik guna mengkaji kemampuan formulasi dalam meningkatkan efektivitas penghantaran senyawa aktif goraka merah. VCO dipilih sebagai fase minyak yang digunakan untuk melarutkan komponen bahan aktif yang bersifat lipofilik, dan juga komponen kunci dalam formulasi nanoemulsi. Minyak ini berfungsi meningkatkan proporsi obat lipofilik yang diserap melalui jalur limfatik, lambung, dan transdermal. Asam laurat menyumbang 43-53 persen kandungan asam lemak VCO (Raymond, 2015). Asam laurat mampu meningkatkan penetrasi dan penyerapan. Penggunaan Tween 80 sebagai surfaktan untuk menghasilkan nanoemulsi yang stabil. Tween 80 memiliki HLB 15 dan umumnya dianggap tidak berbahaya dan tidak mengiritasi (Raymond, 2015). Kosurfaktan dalam bentuk PEG 400 ditambahkan sebagai kosurfaktan untuk mengurangi tegangan antarmuka dan mengganggu struktur kristal cair, sehingga menghasilkan nanoemulsi.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka dilakukan penelitian untuk menghasilkan formulasi Self-Nano Emulsifying Drug Delivery System (SNEDDS) dari ekstrak goraka merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) yang memberikan perubahan terkini dalam meningkatkan kelarutan dan bioavailabilitas zat kimia yang aktif dalam tubuh, yang pada gilirannya dapat memperbaiki efisiensi terapeutik secara menyeluruh. Dengan potensi dalam pengembangan sediaan obat yang lebih baik, teknologi ini berkontribusi pada kemajuan dalam bidang farmasi dan pengobatan herbal, di mana ekstrak herbal yang sebelumnya sulit dicerna dapat dioptimalkan penggunaannya (Kalantari et al., 2017; Raman et al., 2022).

Metode Penelitian

a. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Forensik Kepolisian Daerah Sulawesi Utara (Polda Sulut) bekerja sama dengan Laboratorium Teknologi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado. Penelitian dilakukan pada periode Juni hingga Oktober 2025.

b. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat gelas (pyrex), lemari pendingin (sharp), pipet ukur, labu ukur, batang pengaduk, oven (Mettler), Homogenizer (stirrer lab), timbangan neraca analitik digital (Ohaus), rotary evaporator, vortex mixer, water bath, sonikator, sentrifugator, pH meter, dan Particle Size Analyzer (Horiba SZ-100). Bahan yang digunakan yaitu rimpang goraka merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) (yang diperoleh dari Tanawangko, Kabupaten Minahasa), Virgin Coconut Oil (Kimia ARD), Tween 80 (Merck) sebagai surfaktan, PEG 400 (PT. Brataco), etanol 96% (Nitra Kimia), etanol pa (Merck), dan aquadest (Nitra Kimia).

c. Prosedur Kerja

c.1 Preparasi Sampel

Rimpang goraka merah segar dicuci, diiris, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C untuk mengurangi kadar air sebelum dihaluskan dan diayak menjadi serbuk simplisia halus. (Azmi et al., 2022)

c.2 Pembuatan Ekstrak

Metode maserasi diterapkan untuk ekstraksi menggunakan etanol 96%, dengan perbandingan simplisia dan pelarut 1:5. Proses ekstraksi ini didukung oleh riset yang menunjukkan bahwa pengadukan dan perendaman dalam ekstraksi dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi zat bioaktif dari bahan nabati. (Anjum et al., 2024). Setelah 3 hari perendaman dengan pengadukan periodik, filtrat dipisahkan dan dilakukan remaserasi. Filtrat hasil ekstraksi ini kemudian diuapkan dengan rotary evaporator pada suhu 50°C hingga diperoleh ekstrak kental. (Pratama et al., 2025).

c.3 Formulasi SNEDDS

Ekstrak goraka merah dicampurkan dengan VCO (fase minyak), Tween 80 (surfaktan), dan PEG 400 (kosurfaktan) dalam delapan variasi formula (F1–F8). Formulasi ini diuji untuk homogenitasnya melalui proses homogenisasi yang dilakukan dengan vortex dan disonikasi, serta diinkubasi dalam water bath pada suhu 40°C selama 10 menit untuk menghasilkan sistem isotropik. Proses homogenisasi sangat penting dalam nanoemulsi, karena dapat membantu dalam penurunan ukuran partikel dan meningkatkan stabilitas fisik dari emulsifikasi (Basha et al., 2025; Huang et al., 2022).

Tabel 1. Formulasi SNEDDS Ekstrak Goraka Merah

Formula	Ekstrak (mg/mL)	VCO (mL)	Tween 80 (mL)	PEG 400 (mL)	Aquadest (ad)
F1	500	0,50	1,50	3,00	10 mL
F2	500	0,50	1,80	2,70	10 mL
F3	500	0,50	2,10	2,40	10 mL
F4	500	0,50	2,40	2,10	10 mL
F5	500	0,50	2,50	2,00	10 mL
F6	500	0,50	2,70	1,80	10 mL
F7	500	0,50	2,80	1,80	10 mL
F8	500	0,50	3,20	1,30	10 mL

c.4 Karakterisasi Sediaan

Evaluasi meliputi uji organoleptik, uji sentrifugasi (5.000 rpm selama 30 menit), uji siklus pemanasan-pendinginan (4°C dan 40°C selama 6 siklus), pengukuran pH, serta pengukuran ukuran partikel dan indeks polidispersitas (PDI) menggunakan Particle Size Analyzer. (Zhu et al., 2023; Liu et al., 2019; Ribeiro et al., 2015).

c.5 Rancangan Penelitian

Desain penelitian yang menggunakan rancangan acak lengkap dengan pengujian triplo juga memastikan reproduisibilitas dan keandalan dalam hasil yang diperoleh (Pateiro et al., 2021; El-Hawari & Bunjes, 2021).

c.6 Analisis Data

Data hasil penelitian dinyatakan sebagai rata-rata $\pm$ simpangan baku (SD) dan dianalisis secara deskriptif komparatif berdasarkan parameter fisikokimia, yaitu kejernihan, homogenitas, ukuran partikel (<100 nm), serta nilai PDI (<0,5). Formula terbaik ditentukan berdasarkan kestabilan fisik dan distribusi partikel yang paling homogen. sistem (Rocha-Filho et al., 2020; Ma et al., 2024).

Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Ekstraksi Rimpang Goraka Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*)

Dalam penelitian ini, proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan metode maserasi dan pelarut etanol 96%. Dari 1000gram serbuk simplisia goraka merah, diperoleh ekstrak kental sebanyak 120gram, yang memberikan rendemen sebesar 12%. Hasil ini mengindikasikan efisiensi ekstraksi yang baik, sesuai dengan literatur yang menyebutkan kisaran rendemen antara 9% hingga 12% untuk penggunaan pelarut etanol pada suhu pengeringan rendah (Fikayuniar et al., 2019).

Ekstrak yang dihasilkan berwarna kuning kecoklatan, aroma khas yang aromatik, dan rasa pedas yang menjadi indikator adanya komponen aktif seperti minyak atsiri dan senyawa fenolik. Senyawa-senyawa ini berkontribusi terhadap aktivitas biologi dari ekstrak, termasuk aktivitas antidiabetes dan antioksidan (Putri et al., 2020; Lakoro et al., 2020). Penggunaan etanol 96% sebagai pelarut bertujuan untuk mengekstraksi senyawa dengan berbagai tingkat polaritas, seperti gingerol, shogaol, flavonoid, dan terpenoid, tanpa merusak senyawa-senyawa yang sensitif terhadap suhu, sehingga tetap mempertahankan integritas dari komponen aktif (Normaidah et al., 2023).

Pengeringan pada suhu optimal sekitar 50°C dianggap penting untuk menjaga kestabilan gingerol, yang dikenal sebagai komponen utama dengan aktivitas biologis yang signifikan. Gingerol dan shogaol memiliki potensi sebagai antidiabetes dan agen antioksidan, sehingga mempertahankan stabilitas keduanya selama proses ekstraksi sangatlah vital (Rahmatullah et al., 2024). Selain itu, pendekatan ini selaras dengan studi lain yang menunjukkan bahwa penggunaan pelarut etanol efektif dalam mengekstraksi berbagai senyawa bioaktif dari berbagai tanaman obat (Rahmatullah et al., 2024; Kartiningsih et al., 2023).

Secara keseluruhan, metode maserasi dengan pelarut etanol 96% menunjukkan potensi yang baik dalam menghasilkan ekstrak yang kaya akan senyawa aktif yang memiliki berbagai manfaat kesehatan, serta menegaskan pentingnya pengaturan suhu dan pemilihan pelarut dalam proses ekstraksi untuk memaksimalkan hasil.

Tabel 2. Hasil Karakterisasi Fisik Sediaan SNEDDS

Form ula	Homogen itas Visual	Tampil an (jernih/ keruh)	pH (mean±S D)	Pemisaha n Fase (sentrifug asi 5000 rpm, 30')	Siklus 4°C ↔40°C °C (6×)	Freeze – Thaw (6×)	Stabilit as 28 hari	Kesimpulan Hasil (Memenuhi (M)/ Tidak Memenuhi (TM))
F1	Parsial	Keruh	6,30±0,0 3	Ya	Tidak stabil	Tidak stabil	Tidak stabil	TM
F2	Parsial	Agak keruh	6,10±0,0 4	Ya	Tidak stabil	Tidak stabil	Tidak stabil	TM
F3	Parsial	Agak jernih	5,95±0,0 5	Sedikit	Kurang stabil	Kuran g stabil	Tidak stabil	TM
F4	Ya	Jernih	5,60±0,0 4	Tidak	Stabil	Stabil	Stabil	M
F5	Ya	Jernih	5,40±0,0 3	Tidak	Stabil	Stabil	Stabil	M
F6	Ya	Jernih	5,30±0,0 3	Tidak	Stabil	Stabil	Stabil	M
F7	Ya (uniform)	Sangat jernih (water- clear)	5,20±0,0 2	Tidak	Stabil	Stabil	Stabil	M

F8	Ya	Jernih (sedikit viskos)	5,10±0,0 3	Tidak	Stabil	Sedikit opalesen	Stabil	TM
----	----	-------------------------------	---------------	-------	--------	---------------------	--------	----

Sebanyak 8 Formula SNEDDS (F1–F8) ekstrak goraka merah dikembangkan untuk menentukan rasio optimum antara surfaktan (Tween 80) dan kosurfaktan (PEG 400), sementara fase minyak (VCO, 0,5 mL) dan ekstrak (500 mg/mL) dipertahankan tetap. Semua bahan ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik, dengan ketentuan tiap mL SNEDDS yang dihasilkan mengandung ekstrak sebanyak 500mg. Variasi rasio Tween 80 : PEG 400 bertujuan mengidentifikasi rentang keseimbangan Hydrophilic-Lipophilic Balance (HLB) yang memberikan kestabilan fisik dan kejernihan terbaik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa formula dengan kandungan PEG 400 lebih tinggi (F1–F3) menghasilkan sistem dispersi keruh, homogenitas parsial, dan menunjukkan pemisahan fase setelah uji sentrifugasi 5000 rpm selama 30 menit. Hal ini disebabkan dominasi kosurfaktan yang menurunkan kekuatan film antarmuka sehingga droplet kurang stabil terhadap gaya sentrifugal dan fluktuasi suhu.

Perbaikan stabilitas mulai terlihat pada formula F4 hingga F6 yang memiliki rasio surfaktan lebih tinggi, menghasilkan sediaan jernih dan homogen tanpa pemisahan fase. Formula F5 dengan komposisi Tween 80 : PEG 400 sebesar 2,5 : 2,0 mL memperlihatkan kejernihan optimal dan pH $5,40 \pm 0,03$ yang sesuai dengan kisaran fisiologis oral. Peningkatan rasio Tween 80 pada formula F6 dan F7 menghasilkan sistem yang lebih stabil dengan waktu emulsifikasi cepat dan kejernihan sempurna. Formula F7, dengan komposisi Tween 80 : PEG 400 sebesar 2,8 : 1,8 mL, menunjukkan performa terbaik berupa larutan sangat jernih (water-clear), pH $5,20 \pm 0,02$, tanpa pemisahan fase, serta stabil selama penyimpanan 28 hari maupun pada enam siklus suhu (4°C – 40°C) dan 6 siklus freeze–thaw. Peningkatan stabilitas dan kejernihan pada F7 mengindikasikan terbentuknya sistem nanoemulsi spontan dengan ukuran droplet sangat kecil (<20 nm). Kondisi ini menunjukkan keseimbangan HLB optimal antara Tween 80 dan PEG 400, di mana surfaktan mendominasi pembentukan lapisan antarmuka yang kuat dan mampu menurunkan tegangan permukaan minyak–air. Sementara itu, formula F8 dengan peningkatan Tween 80 hingga 3,2 mL tetap stabil namun menunjukkan sedikit opalesensi pada uji freeze–thaw, akibat pembentukan struktur micellar kompleks yang meningkatkan viskositas sistem. Berdasarkan keseluruhan hasil, F7 dipilih sebagai formula paling stabil dan optimal untuk dilanjutkan pada tahap pengukuran ukuran partikel (PSA), dengan F6 sebagai formula cadangan. Rasio ini terbukti memberikan keseimbangan ideal antara kejernihan, pH fisiologis, dan kestabilan fisik sistem SNEDDS ekstrak goraka merah.

3.3 Profil Ukuran Partikel dan Indeks Polidispersitas (Analisis PSA)

Analisis ukuran partikel menggunakan Particle Size Analyzer (PSA) menunjukkan bahwa formula terbaik (F8) menghasilkan ukuran partikel rata-rata $20,33 \pm 0,57$ nm dengan indeks polidispersitas (PDI) sebesar $0,43 \pm 0,053$. Nilai ini sesuai dengan kriteria nanoemulsi yang stabil, yaitu ukuran partikel <100 nm dan PDI $<0,5$. Nilai dan zeta potential $-19,58 \pm 1,50$ mV.

Ukuran droplet yang kecil (<100 nm) menandakan bahwa sistem telah membentuk nanoemulsi sejati dengan distribusi ukuran partikel yang sempit (PDI $<0,5$), yang mengindikasikan homogenitas dan kestabilan yang baik selama penyimpanan. Nilai zeta potential yang negatif moderat menunjukkan bahwa gaya tolak-menolak antar droplet cukup untuk mencegah agregasi, meskipun lebih didominasi oleh efek *steric stabilization* dari surfaktan nonionik (Tween 80) dibandingkan dengan repulsi elektrostatik.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem *Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System* (SNEDDS) berbasis ekstrak goraka merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) menggunakan fase minyak Virgin Coconut Oil (VCO), surfaktan Tween 80, dan kosurfaktan PEG 400 dengan rasio Smix bervariasi. Hasil screening terhadap delapan formula (F1–F8) menunjukkan bahwa rasio

surfaktan–kosurfaktan berpengaruh nyata terhadap kejernihan, homogenitas, dan kestabilan fisik sediaan. Formula F7 (Tween 80 : PEG 400 = 2.8 : 1.8 mL teridentifikasi sebagai formulasi paling stabil dengan penampakan jernih, pH 5.20 ± 0.02 , dan tanpa pemisahan fase setelah uji sentrifugasi, heating–cooling, serta freeze–thaw selama 28 hari.

Hasil karakterisasi fisikokimia menunjukkan bahwa Formula F7 memiliki ukuran partikel $20,33 \pm 0.57$ nm, PDI 0.43 ± 0.053 , dan zeta potensial -19.58 ± 1.50 mV, menandakan distribusi droplet yang sempit dan kestabilan koloidal yang baik. Nilai pH (5.04 ± 0.05) berada dalam rentang fisiologis yang aman untuk penggunaan oral. Secara keseluruhan, karakteristik ini membuktikan bahwa sistem SNEDDS yang dikembangkan mampu membentuk nanoemulsi stabil dengan efisiensi emulsifikasi tinggi (<1 menit), yang berpotensi meningkatkan kelarutan dan bioavailabilitas senyawa aktif goraka merah seperti gingerol dan shogaol.

Dengan demikian, Formula F7 SNEDDS ekstrak goraka merah dapat disimpulkan sebagai formulasi optimum dan stabil secara fisikokimia, layak untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai sistem penghantaran obat alami dengan potensi aktivitas antidiabetik melalui peningkatan bioavailabilitas oral.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sam Ratulangi atas dukungan melalui Skema Riset Dasar Unggulan Unsrat dari Dana PNPB BLU Tahun Anggaran 2025.

Daftar Pustaka

- Mairuae, *et al.* 2024. Phytosome-encapsulated 6-gingerol- and 6-shogaol-enriched extracts from zingiber officinale roscove protect against oxidative stress-induced neurotoxicity. *Molecules*, 29(24), 6046.
- Aisy, Z., *et al.* 2021. Optimasi formula nanoemulsi nifedipin dengan metode self-nanoemulsifying drug delivery system (snedds). *Pharmaceutical Journal of Indonesia*, 6(2), 85-95.
- Kalantari, *et al.* 2017. Self-nanoemulsifying drug delivery systems containing plantago lanceolata—an assessment of their antioxidant and antiinflammatory effects. *Molecules*, 22(10), 1773.
- Krstić, *et al.* 2015. Influence of solid drug delivery system formulation on poorly water-soluble drug dissolution and permeability. *Molecules*, 20(8), 14684-14698.
- Nuari, Y., *et al.* 2021. Self-nanoemulsifying drug delivery system (snedds) of piroxicam. *Pharmaciana*, 11(2), 185.
- Nugroho, *et al.* (2024). In vitro drug release evaluations of piroxicam self-nanoemulsifying drug delivery system (snedds). *Ad-Dawaa Journal of Pharmaceutical Sciences*, 143-150.
- Priani, *et al.* 2017. Formulation self nano emulsifying drug delivery system glimepiride using oleic acid as oil phase. *Pharmaciana*, 7(2), 267.
- Priani, S., *et al.* 2021. Self-nanoemulsifying drug delivery system (snedds) for oral delivery of cod liver oil. *Borneo Journal of Pharmacy*, 4(2), 128-134.
- Raman, *et al.* 2022. Andrographis paniculata dosage forms and advances in nanoparticulate delivery systems: an overview. *Molecules*, 27(19), 6164.
- Wahyuningsih, *et al.* 2020. Protection effect of self-nanoemulsifying drug delivery system (SNEDDS) piroxicam as ulcerogenic agent towards malondialdehyd level and protein expression of caspase-3, cox-1, cox-2 at rat gastric. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 273-283.
- Anjum, *et al.* 2024. Process optimization of tinospora cordifolia extract-loaded water in oil nanoemulsion developed by ultrasound-assisted homogenization. *Molecules*, 29(8), 1797.

- Azmi, N., et al. 2022. Preparation, characterization and biological activities of an oil-in-water nanoemulsion from fish by-products and lemon oil by ultrasonication method. *Molecules*, 27(19), 6725.
- Basha, et al. 2025. Essential oils from wild albanian lamiaceae: gc-ms profiling, biological activity, and enhanced delivery via nanoencapsulation. *Molecules*, 30(16), 3329.
- El-Hawari, et al. 2021. Premix membrane emulsification: preparation and stability of medium-chain triglyceride emulsions with droplet sizes below 100 nm. *Molecules*, 26(19), 6029.
- Huang, et al. 2022. Preparation, in vitro and in vivo evaluation of nanoemulsion in situ gel for transnasal delivery of traditional chinese medicine volatile oil from *ligusticum sinense* oliv.cv. *chaxiong*. *Molecules*, 27(21), 7644.
- Liu, et al. 2019. Food-grade nanoemulsions: preparation, stability and application in encapsulation of bioactive compounds. *Molecules*, 24(23), 4242.
- Ma, et al. 2024. Green preparation and antibacterial activity evaluation of *agnps-blumea balsamifera* oil nanoemulsion. *Molecules*, 29(9), 2009.
- Pateiro, et al. 2021. Nanoencapsulation of promising bioactive compounds to improve their absorption, stability, functionality and the appearance of the final food products. *Molecules*, 26(6), 1547.
- Pratama, et al. 2025. Physicochemical profile and stability of red ginger (*zingiber officinale* var. *rubrum*) SNEDDS as potential aphrodisiac. *Borneo Journal of Pharmacy*, 8(3), 282-291.
- Ribeiro, et al. 2015. Production and characterization of cosmetic nanoemulsions containing *opuntia ficus-indica* (L.) mill extract as moisturizing agent. *Molecules*, 20(2), 2492-2509.
- Rocha-Filho, et al. 2020. The use of different commercial mineral water brands to produce oil-in-water nanoemulsions. *Molecules*, 25(3), 603.
- Zhu, et al. 2023. Fabrication and biological activities of all-in-one composite nanoemulsion based on *blumea balsamifera* oil-tea tree oil. *Molecules*, 28(15), 5889.
- Fikayuniar, et al. 2019. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol rimpang kunyit (*curcuma longa* L.) terhadap *staphylococcus aureus* dan *pseudomonas aeruginosa*. *Pharma Xplore Jurnal Sains Dan Ilmu Farmasi*, 4(1), 278-287.
- Kartiningsih, et al. 2023. Formulasi gel ekstrak daun sosor bebek (*kalanchoe pinnata* (Lam.) per.) dengan kombinasi carbophol 980 dan cremophor rh 40. *Jurnal Pharmascience*, 10(1), 14.
- Lakoro, et al. 2020. Uji aktivitas antioksidan dan penentuan total kandungan fenolik ekstrak etanol daun nanamuha (*bridelia monoica* Merr). *Pharmacon*, 9(2), 178.
- Normaidah, et al. 2023. Uji sun protection factor (SPF) ekstrak etanol daun *mitragyna speciosa* Korth. *Jurnal Pharmascience*, 10(2), 386.
- Putri, et al. 2020. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol bawang dayak (*eleutherine americana* Merr) terhadap bakteri *staphylococcus aureus*, *escherichia coli* dan *salmonella typhi*. *Pharmacon*, 9(4), 525.
- Rahmatullah, et al. 2024. Aktivitas antioksidan dan kadar fenolik total dari ekstrak daun kacip fatimah (*Labisia pumila*) menggunakan variasi pelarut ekstraksi. *Borneo Journal of Pharmascientech*, 8(2), 125-136.