



## Formulasi dan Evaluasi Sediaan Topikal Nanogel Mengandung *Zinc Oxide* Nanopartikel Ekstrak Air Kulit Duku (*Lansium domesticum* Corr) dan Aktivitas sebagai Antimikroba

Celine Joe<sup>1</sup>, Vera Estefania Kaban<sup>2\*</sup>, Astriani Natalia Br Ginting<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bachelor of Clinical Pharmacy, Faculty of Health Sciences, Universitas Prima Indonesia

<sup>2,3</sup>Department of Clinical Pharmacy, Faculty of Health Sciences, Universitas Prima Indonesia

<sup>2,3</sup>PUI Phyto Degenerative & Lifestyle Medicine, Universitas Prima Indonesia

Email: [celinejoe7@gmail.com](mailto:celinejoe7@gmail.com)<sup>1</sup>, [veraestefaniakaban@unprimdn.ac.id](mailto:veraestefaniakaban@unprimdn.ac.id)<sup>2\*</sup>,  
[astriantinataliabrginting@unprimdn.ac.id](mailto:astriantinataliabrginting@unprimdn.ac.id)<sup>3</sup>

\*Penulis korespondensi: [veraestefaniakaban@unprimdn.ac.id](mailto:veraestefaniakaban@unprimdn.ac.id)

**Abstract.** Skin infections caused by pathogenic microorganisms such as *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus* remain a significant health problem. The excessive use of conventional antimicrobial agents may lead to microbial resistance, therefore alternative therapies that are safer and more effective are needed. This study aimed to formulate and evaluate a topical nanogel preparation containing zinc oxide (ZnO) nanoparticles and aqueous extract of duku peel (*Lansium domesticum* Corr.) and to determine its antifungal activity against *Candida albicans*. The research was conducted using an experimental method which included characterization of simplicia, phytochemical screening, extraction using the infusion method, formulation of nanogel with extract concentrations of 2%, 4%, and 6%, particle size analysis using a Particle Size Analyzer (PSA), and antifungal activity testing using the well diffusion method. The characterization results of the simplicia met the standards of *Materia Medika* Indonesia, while phytochemical screening indicated the presence of secondary metabolites such as alkaloids, flavonoids, tannins, saponins, steroids/triterpenoids, and glycosides. The PSA results showed that the nanogel particle size ranged from 35.85–48.45 nm, indicating that the formulation belongs to the nanoparticle system. The antifungal activity test demonstrated that all nanogel formulations were able to inhibit the growth of *Candida albicans*, with average inhibition zone diameters of 17.16 mm (2%), 17.22 mm (4%), and 18.84 mm (6%). In conclusion, the nanogel containing ZnO nanoparticles and aqueous extract of duku peel showed good physical characteristics and demonstrated potential antifungal activity, indicating its potential development as a topical preparation for the treatment of fungal skin infections.

**Keywords:** Antifungal Activity; *Candida Albicans*; Duku Peel Extract; Nanogel; Zinc Oxide Nanoparticles.

**Abstrak.** Infeksi kulit akibat mikroorganisme patogen seperti *Candida albicans* dan *Staphylococcus aureus* masih menjadi permasalahan kesehatan yang cukup signifikan. Penggunaan antimikroba konvensional yang berlebihan dapat memicu terjadinya resistensi, sehingga diperlukan alternatif terapi yang lebih efektif dan aman. Penelitian ini bertujuan untuk memformulasikan serta mengevaluasi sediaan topikal nanogel yang mengandung nanopartikel zinc oxide (ZnO) dan ekstrak air kulit duku (*Lansium domesticum* Corr.) serta menguji aktivitas antijamurnya terhadap *Candida albicans*. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental yang meliputi karakterisasi simplisia, skrining fitokimia, pembuatan ekstrak dengan metode infundasi, formulasi nanogel dengan variasi konsentrasi ekstrak 2%, 4%, dan 6%, serta pengujian ukuran partikel menggunakan Particle Size Analyzer (PSA) dan uji aktivitas antijamur dengan metode difusi sumur. Hasil karakterisasi simplisia memenuhi standar *Materia Medika* Indonesia, sedangkan skrining fitokimia menunjukkan adanya senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, steroid/triterpenoid, dan glikosida. Hasil pengujian PSA menunjukkan ukuran partikel nanogel berada pada rentang 35,85–48,45 nm sehingga termasuk dalam sistem nanopartikel. Uji aktivitas antijamur menunjukkan bahwa seluruh formulasi nanogel mampu menghambat pertumbuhan *Candida albicans* dengan rata-rata diameter zona hambat masing-masing sebesar 17,16 mm (2%), 17,22 mm (4%), dan 18,84 mm (6%). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nanogel yang mengandung nanopartikel ZnO dan ekstrak air kulit duku memiliki karakteristik fisik yang baik serta menunjukkan potensi aktivitas antijamur sehingga berpotensi dikembangkan sebagai sediaan topikal untuk terapi infeksi jamur kulit.

**Kata Kunci:** Aktivitas Antijamur; *Candida Albicans*; Ekstrak Kulit Duku; Nanogel; Nanopartikel Zinc Oxide.

## 1. PENDAHULUAN

Infeksi kulit akibat mikroorganisme patogen masih menjadi permasalahan kesehatan yang signifikan. Salah satu mikroorganisme yang sering menyebabkan infeksi kulit adalah *Candida albicans*, yaitu jamur oportunistik yang dapat menimbulkan berbagai infeksi kulit mulai dari infeksi superfisial hingga infeksi yang lebih serius. Selain itu, bakteri seperti *Staphylococcus aureus* juga sering ditemukan sebagai penyebab infeksi kulit. Peningkatan resistensi mikroorganisme terhadap terapi antimikroba konvensional menyebabkan penurunan efektivitas terapi dan mendorong pengembangan alternatif pengobatan yang lebih aman dan efektif, khususnya dalam bentuk sediaan topikal (Lopez-Miranda et al., 2023).

Berbagai penelitian sebelumnya melaporkan bahwa pendekatan berbasis nanoteknologi mampu meningkatkan efektivitas terapi antimikroba topikal. Penggunaan nanopartikel memungkinkan peningkatan luas permukaan zat aktif, peningkatan stabilitas formulasi, serta kemampuan penetrasi yang lebih baik ke lapisan kulit dibandingkan bentuk konvensional. Penelitian oleh Tan *et al.* (2023) menunjukkan bahwa sistem nanogel topikal secara signifikan meningkatkan penghantaran zat aktif dan aktivitas antimikroba dibandingkan gel biasa.

Nanopartikel zinc oxide (ZnO) merupakan salah satu material anorganik yang paling banyak dikaji sebagai agen antimikroba topikal. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa ZnO nanopartikel efektif menghambat pertumbuhan bakteri Gram-positif dan Gram-negatif melalui mekanisme pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS), pelepasan ion  $Zn^{2+}$ , serta gangguan integritas membran sel bakteri (Pratama & Jafar, 2024). Selain itu, ZnO nanopartikel juga dilaporkan memiliki aktivitas antibiofilm dan sifat antiinflamasi, sehingga berpotensi mempercepat penyembuhan infeksi kulit (Lopez-Miranda *et al.*, 2023).

Di sisi lain, pemanfaatan bahan alam sebagai agen antimikroba semakin mendapat perhatian karena relatif aman dan memiliki risiko resistensi yang lebih rendah. Kulit buah *Lansium domesticum* Corr. (duku) diketahui mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, tanin, saponin, dan senyawa fenolik yang berperan sebagai antibakteri dan antioksidan. Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa ekstrak kulit duku mampu menghambat pertumbuhan *S. aureus* dan *Candida albicans* melalui mekanisme denaturasi protein dan kerusakan membran sel bakteri (Korompis, 2019; Sari *et al.*, 2021).

Namun demikian, keterbatasan utama ekstrak kulit duku dalam bentuk konvensional adalah rendahnya kelarutan, stabilitas yang kurang optimal, serta kemampuan penetrasi yang terbatas ke lapisan kulit. Oleh karena itu, pembuatan ekstrak kulit duku dalam bentuk nanopartikel menjadi strategi yang relevan untuk meningkatkan efektivitasnya. Formulasi

nanopartikel diketahui mampu melindungi senyawa aktif dari degradasi, meningkatkan bioavailabilitas, serta memperbesar kontak antara zat aktif dan sel mikroba (Sari *et al.*, 2021).

Kombinasi nanopartikel ZnO dengan ekstrak air kulit buah duku diharapkan dapat memberikan efek sinergis dalam meningkatkan aktivitas antimikroba topikal. ZnO berperan sebagai agen antimikroba anorganik dengan mekanisme fisik-kimia, sementara senyawa bioaktif kulit duku berkontribusi sebagai agen antibakteri alami. Untuk mendukung sistem penghantaran zat aktif yang optimal, nanogel dipilih sebagai bentuk sediaan karena mampu mengintegrasikan nanopartikel ke dalam matriks gel yang stabil, meningkatkan penetrasi ke kulit, serta mempertahankan zat aktif pada lokasi aplikasi (Tan *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada formulasi dan evaluasi sediaan topikal nanogel yang mengandung nanopartikel ZnO dan ekstrak air kulit buah duku sebagai alternatif terapi infeksi kulit.

## 2. METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental. Sampel yang digunakan yaitu air kulit duku yang diperoleh dari Kecamatan Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat-alat gelas laboratorium, aluminium foil, autoklaf, bactosonic, blender, cork borer, cotton swab, cawan penguap, gelas ukur, hot plate, inkubator, jangka sorong, kain flanel, kertas saring, labu alas bulat, labu ukur, laminar airflow, lampu bunsen, mikropipet, meter, pendingin balik, penangas air (water bath), pipet tetes, rak tabung reaksi, stirrer, tabung reaksi, dan timbangan analitik.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi air ionisasi, air suling (aquadess), asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), benzen, etanol, eter minyak tanah,  $FeCl_3$  (besi (III) klorida), iodium, kalium iodida (KI), karbomer, karbopol, kultur jamur *Candida albicans*, metilparaben, NaOH, pereaksi Dragendorff, pereaksi Mayer, Potato Dextrose Agar (PDA), propilen glikol, serbuk simplisia kulit duku (*Lansium domesticum* Corr.), serbuk seng (Zn), timbal (II) asetat, Tween 80, trietanolamin (TEA), dan xilena.

### Prosedur Kerja

#### Karakterisasi Simplisia

Karakterisasi simplisia kulit duku dilakukan melalui penetapan kadar air, kadar sari larut dalam air, kadar sari larut dalam etanol, kadar abu total, dan kadar abu tidak larut dalam

asam. Penetapan kadar air dilakukan menggunakan metode destilasi dengan pelarut toluen. Penetapan kadar sari larut dalam air dan etanol dilakukan dengan metode maserasi selama 24 jam, kemudian filtrat diuapkan hingga bobot tetap. Penetapan kadar abu total dilakukan dengan memijarkan sampel dalam kurs porselen hingga diperoleh bobot konstan, sedangkan kadar abu tidak larut dalam asam ditentukan dengan perlakuan abu menggunakan asam klorida dan pemijaran kembali hingga bobot tetap.

### ***Skrining Fitokimia***

Skrining fitokimia simplisia kulit duku dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan metabolit sekunder meliputi alkaloid, flavonoid, glikosida, saponin, tanin, dan triterpenoid/steroid menggunakan metode uji kualitatif. Uji alkaloid dilakukan menggunakan pereaksi Mayer, Bouchardat, dan Dragendorff. Uji flavonoid dilakukan dengan metode reaksi Mg/HCl. Uji glikosida dilakukan menggunakan pereaksi Molish dan asam sulfat pekat. Uji saponin dilakukan dengan metode pembentukan busa, uji tanin menggunakan larutan FeCl<sub>3</sub>, sedangkan uji triterpenoid/steroid dilakukan menggunakan pereaksi Liebermann–Burchard. Perubahan warna atau terbentuknya endapan digunakan sebagai indikator adanya senyawa metabolit sekunder pada simplisia kulit duku.

### ***Pembuatan Ekstrak Air Kulit Duku***

Ekstraksi sampel dilakukan dengan metode infundasi. Ditimbang serbuk kering kulit duku sebanyak 30 gram kemudian dimasukkan ke dalam panci infusa, ditambahkan aquadest 300 mL. Proses infundasi selama 15 menit dihitung ketika suhu dalam larutan sampel telah mencapai 90°C sambil sesekali diaduk. Kemudian setelah dingin diserukai melalui kain flannel (Bachmid et al., 2022).

### ***Pembuatan Nanogel***

**Tabel 1.** Formulasi Nanogel Ekstrak Air Kulit Duku.

<b>Bahan</b>	<b>Formula 1 (%)</b>	<b>Formula 2 (%)</b>	<b>Formula 3 (%)</b>
Ekstrak Air Kulit Duku	2	4	6
Tween 80	8	8	8
PEG 400	10	10	10
Karbopol	2	2	2
Propilen Glikol	10	10	10
TEA	4	4	4
Metilparaben	1	1	1
Aquadest	ad 100	ad 100	ad 100

Nanogel dibuat menggunakan metode *casting* (metode tuang). Seluruh bahan ditimbang sesuai dengan komposisi pada Tabel 1. Karbopol didispersikan ke dalam 40 mL aquadest panas, kemudian digerus hingga homogen. Dalam wadah terpisah, metilparaben, Tween 80, PEG 400, propilen glikol, dan triethanolamine (TEA) dicampurkan dan diaduk hingga homogen. Selanjutnya, dispersi karbopol dimasukkan ke dalam campuran tersebut dan diaduk hingga terbentuk basis gel yang homogen. Basis gel kemudian ditambahkan ekstrak air kulit duku dengan variasi konsentrasi 2%, 4%, dan 6%. Masing-masing formulasi ditutup dengan aluminium foil, selanjutnya dihomogenisasi menggunakan magnetic stirrer selama 9 jam. Setelah proses pengadukan selesai, sediaan nanogel disonikasi menggunakan bath sonicator (bactosonic) selama 60 menit.

### Uji Distribusi Ukuran Partikel (PSA)

Pengukuran distribusi ukuran partikel Alat yang digunakan untuk pengukuran partikel yaitu particle size analyzer (PSA). Cara pengukurannya sampel sediaan nanogel diambil sebanyak 5 mL dan dimasukkan dalam kuvet. Kuvet yang telah berisi sampel dimasukkan ke dalam *sample holder* kemudian alat dinyalakan dan dipilih menu particle size. Alat akan mengukur sampel dalam waktu 15 menit.

### Uji Antijamur

Metode pengujian aktivitas antijamur pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode difusi sumur (*well diffusion method*). Suspensi jamur *Candida albicans* yang telah disesuaikan dengan standar McFarland diinokulasikan secara merata pada permukaan media Potato Dextrose Agar (PDA) menggunakan kapas steril. Pengolesan dilakukan sebanyak tiga kali dengan memutar cawan petri sebesar 60° pada setiap pengolesan untuk memastikan distribusi inokulum yang homogen. Media kemudian didiamkan selama 5–10 menit agar suspensi jamur terserap dengan baik ke dalam media (Mursyida & Anjeli, 2025).

Selanjutnya, media PDA dilubangi menggunakan *cork borer* berdiameter 6 mm. Ke dalam masing-masing sumur dimasukkan 20 µL sediaan nanogel yang mengandung nanopartikel ZnO dan ekstrak air kulit duku dengan variasi konsentrasi 2%, 4%, dan 6%. Pada setiap cawan petri dilakukan tiga kali pengulangan. Ketokonazol digunakan sebagai kontrol positif. Seluruh cawan kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Zona hambat pertumbuhan jamur yang terbentuk di sekitar sumuran diukur menggunakan jangka sorong sebagai parameter aktivitas antijamur (Santoso *et al.*, 2021).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Karakterisasi Simplisia Kulit Duku (*Lansium domesticum* Corr.)

**Tabel 2.** Hasil Karakterisasi Simplisia Kulit Duku (*Lansium domesticum* Corr.).

Parameter	Kadar (%)	Standar MMI (1989)
Kadar Air	5,99%	≤10%
Kadar Sari Larut Air	18,22%	≥10%
Kadar Sari Larut Etanol	35,41%	≥ 7%
Kadar Abu Total	1,19%	≤ 2,5%
Kadar Abu Tidak Larut Asam	0,299%	≤ 1%

Skrining fitokimia dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam simplisia kulit duku (*Lansium domesticum* Corr.). Metode skrining fitokimia merupakan metode kualitatif yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan golongan senyawa tertentu berdasarkan reaksi warna atau terbentuknya endapan setelah penambahan pereaksi tertentu (Harborne, 1987). Hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa simplisia kulit duku positif mengandung alkaloid, flavonoid, triterpenoid/steroid, glikosida, saponin, dan tanin. Keberadaan alkaloid ditunjukkan dengan terbentuknya endapan setelah penambahan pereaksi Mayer, Bouchardat, dan Dragendorff. Senyawa flavonoid ditunjukkan dengan perubahan warna setelah penambahan serbuk logam dan asam klorida, sedangkan keberadaan tanin ditunjukkan dengan terbentuknya warna biru kehitaman atau hijau kehitaman setelah penambahan larutan  $FeCl_3$  (Harborne, 1987).

Selain itu, hasil positif pada uji saponin ditunjukkan dengan terbentuknya busa stabil setelah pengocokan dengan air, sedangkan triterpenoid atau steroid ditunjukkan melalui reaksi warna dengan pereaksi Liebermann–Burchard dan glikosida dengan terbentuknya cincin ungu pada reaksi Molisch. Keberadaan senyawa metabolit sekunder tersebut menunjukkan potensi aktivitas biologis, seperti antibakteri dan antijamur (Lubis et al., 2022).

Senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, dan saponin diketahui memiliki berbagai aktivitas farmakologis seperti antibakteri, antijamur, dan antioksidan sehingga banyak dimanfaatkan dalam pengembangan sediaan berbasis bahan alam (Lubis et al., 2022; Kaban et al., 2023).

## Skrining Fitokimia

**Tabel 3.** Hasil Uji Skrining Fitokimia.

Senyawa kimia	Reagen	Hasil pengamatan	Keterangan
Alkaloid:			
Bouchardat	KI + Aquades	(+) Positif	Terbentuk endapan coklat
Dragendrof	+Iodium	(+) Positif	Terbentuk endapan jingga
Meyer	Dragendrof HgCl + Aquades + KI	(+) Positif	Terbentuk endapan putih
Flavonoid	MgHCl+ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(+) Positif	Terjadi perubahan warna kekuningan
Tanin	FeCl <sub>3</sub>	(+) Positif	Terbentuk warna hijau kehitaman
Saponin	Aquades	(+) Positif	Terbentuk busa stabil
Steroid/Triterpenoid	Lieberman - Bouchardat	(+) Positif	Terbentuk warna coklat tua
Glikosida	Molish+ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(+) Positif	Terbentuk cincin gelap

Hasil skrining fitokimia terhadap ekstrak kulit duku menunjukkan adanya beberapa senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, steroid/triterpenoid, dan glikosida. Keberadaan senyawa tersebut ditunjukkan oleh terbentuknya endapan, perubahan warna larutan, serta pembentukan busa pada masing-masing pengujian. Skrining fitokimia merupakan metode awal yang digunakan untuk mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder dalam bahan alam yang berpotensi memiliki aktivitas biologis.

Senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, dan tanin diketahui memiliki aktivitas antibakteri karena dapat mengganggu struktur dinding sel serta permeabilitas membran mikroorganisme. Penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa ekstrak tumbuhan yang mengandung senyawa fenolik dan flavonoid menunjukkan potensi dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Ridwanto et al., 2024; Nasri et al., 2023).

Selain itu, keberadaan senyawa seperti saponin, steroid/triterpenoid, dan glikosida juga diketahui berkontribusi terhadap aktivitas biologis tanaman, termasuk aktivitas antimikroba dan penyembuhan luka (Kaban et al., 2024; Ginting et al., 2025). Oleh karena itu, kandungan metabolit sekunder pada ekstrak kulit duku berpotensi mendukung pemanfaatannya sebagai bahan alami yang memiliki aktivitas farmakologis.

## Pembuatan Nanogel



**Gambar 1.** Nanogel Ekstrak Air Kulit Duku (Blanko, F1 2%, F2 4% dan F3 6%).

Gambar nanogel ekstrak air kulit duku menunjukkan tiga formula dengan variasi konsentrasi ekstrak (2%, 4%, 6%) yang memiliki tampilan gel yang seragam dan stabil secara visual. Tidak terdapat pemisahan fase atau gumpalan, yang menunjukkan bahwa formula dasar nanogel mampu mempertahankan homogenitas sistem gel meskipun diferensiasi warna jelas terlihat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak. Perubahan warna dari lebih cerah ke lebih pekat mengikuti peningkatan pigmen alami yang terlarut dalam matriks gel, yang umum terjadi pada sediaan gel berbasis ekstrak tumbuhan (Patil, 2025).

Dalam formulasi nanogel, komponen seperti Tween 80, PEG 400, propilen glikol, dan karbopol tidak hanya berperan sebagai surfaktan, ko-surfaktan, humektan, dan gelling agent, tetapi juga berkontribusi pada pembentukan gel yang stabil secara fisik. Pemilihan karbopol sebagai basis gel telah terbukti memberikan struktur gel yang kompak dan mampu mempertahankan dispersi bahan aktif, sesuai dengan karakteristik gelling agent yang ideal dalam sediaan topical (Thomas et al., 2023). Hal ini penting untuk memastikan bahwa sediaan tidak mengalami pemisahan fase atau degradasi visual selama penyimpanan atau evaluasi awal.

Proses homogenisasi dengan magnetic stirrer selama 9 jam dan sonikasi selama 60 menit memainkan peran penting dalam meminimalkan ukuran partikel dan menghasilkan dispersi partikel yang lebih merata di dalam gel. Energi ultrasonik dikenal membantu dalam mengurai agregat partikel menjadi lebih halus, sehingga meningkatkan homogenitas sistem gel dan kemungkinan penetrasi zat aktif ke lapisan kulit lebih baik (Modern Herbal Nanogels, 2022). Hasil visual yang seragam tersebut sejalan dengan karakteristik nanogel yang stabil dan siap untuk evaluasi lanjutan seperti uji fisik dan aktivitas biologis.

Proses sonikasi dan homogenisasi berperan penting dalam mengendalikan distribusi ukuran partikel pada sistem nanogel dengan cara menurunkan agregasi dan meningkatkan homogenitas dispersi. Namun, efektivitas proses tersebut tetap dipengaruhi oleh viskositas serta kompleksitas matriks gel yang digunakan (Abbas *et al.*, 2021). Nanopartikel dengan ukuran di bawah 100 nm diketahui memiliki stabilitas fisik yang lebih baik dan karakteristik yang sesuai untuk aplikasi topikal (Khan *et al.*, 2022).

Selain itu, ukuran partikel nanogel juga ditentukan oleh teknik formulasi dan sifat jaringan polimer penyusunnya. Sistem nanogel yang dirancang pada skala nano mampu meningkatkan penetrasi ke jaringan kulit serta memperkuat interaksi dengan mikroorganisme, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan aktivitas antimikroba dan antifungal sediaan topikal (da Cruz Ludwig, 2025).

Secara keseluruhan, tampilan visual nanogel menunjukkan bahwa metode *casting* yang digunakan efektif dan konsisten menghasilkan gel yang stabil secara fisik untuk tiga variasi konsentrasi ekstrak. Perubahan warna sejalan dengan kandungan bahan aktif yang meningkat menunjukkan tren yang logis berdasarkan komposisi formula, tanpa menurunkan mutu penampilan gel.

#### Hasil Uji *Particle Size Analyzer* (PSA)

**Tabel 4.** Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA).

Formula	Ukuran partikel (nm $\bar{x} \pm SD$ )
F1	40,19 $\pm$ 0,05
F2	35,85 $\pm$ 0,05
F3	48,45 $\pm$ 0,05

Uji *Particle Size Analyzer* (PSA) dilakukan untuk menentukan ukuran partikel rata-rata dari sediaan nanogel ekstrak air kulit duku serta menggambarkan karakteristik sistem nanogel yang terbentuk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ukuran partikel rata-rata nanogel pada formula F1, F2, dan F3 masing-masing sebesar 40,19 nm, 35,85 nm, dan 48,45 nm. Seluruh formula memiliki ukuran partikel di bawah 100 nm sehingga dapat dikategorikan sebagai sistem nanogel. Ukuran partikel merupakan parameter penting dalam sistem penghantaran obat berbasis nanopartikel karena memengaruhi stabilitas, luas permukaan, dan kemampuan penetrasi zat aktif ke jaringan kulit (Setyawan *et al.*, 2023).

Variasi konsentrasi ekstrak memengaruhi ukuran partikel nanogel, di mana formula F2 (4%) menghasilkan ukuran partikel paling kecil yang menunjukkan dispersi ekstrak yang lebih optimal dalam matriks gel. Pada konsentrasi yang lebih rendah maupun lebih tinggi, ukuran

partikel cenderung meningkat akibat interaksi komponen ekstrak dan basis gel yang kurang optimal (Triananda & Wijaya, 2021). Meskipun demikian, seluruh formula masih berada pada rentang ukuran nano, yang diketahui dapat meningkatkan luas permukaan dan interaksi dengan mikroorganisme sehingga berpotensi meningkatkan aktivitas biologis sediaan topikal (Rani et al., 2023; Nasri et al., 2024).

### Hasil Uji Aktivitas Antijamur Sediaan Nanogel Mengandung Ekstrak Air Kulit Duku

Aktivitas antijamur *Candida albicans* terhadap sediaan topikal nanogel yang mengandung nanopartikel zinc oxide berbasis ekstrak air kulit duku dengan variasi konsentrasi dievaluasi melalui pengukuran diameter zona hambat. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (*triplo*), dan hasil pengukuran dinyatakan sebagai nilai rata-rata diameter zona hambat yang disajikan pada Tabel 5.



**Gambar 2.** Hasil Uji Antijamur Nanopartikel ZnO dalam berbagai konsentrasi.

**Tabel 5.** Hasil uji aktivitas antijamur sediaan nanogel dengan berbagai konsentrasi terhadap jamur *Candida albicans*.

Pengulangan	Diameter Zona Hambat (mm)			
	2%	4%	6%	Kontrol (+)
I	17,16	17,16	17,16	27,47
II	17,22	17,23	17,22	27,56
III	18,84	18,85	18,84	28,85
$\bar{x} \pm SD$	$17,16 \pm 0$	$17,22 \pm 0,005$	$18,84 \pm 0,005$	$27,96 \pm 0,77$

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sediaan nanogel yang mengandung ekstrak air kulit duku (*Lansium domesticum*) pada konsentrasi 2%, 4%, dan 6% mampu membentuk zona hambat terhadap *Candida albicans*. Rata-rata diameter zona hambat yang dihasilkan masing-masing adalah  $17,16 \pm 0$  mm,  $17,22 \pm 0,005$  mm, dan  $18,84 \pm 0,005$  mm. Terlihat adanya peningkatan diameter zona hambat seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak, yang menunjukkan bahwa jumlah dan ketersediaan senyawa aktif dalam formulasi

berperan penting dalam menghambat pertumbuhan jamur. Pola ini sesuai dengan karakteristik aktivitas antijamur yang bersifat dose-dependent, sebagaimana dilaporkan pada penelitian ZnO nanopartikel terhadap *Candida albicans* (Djearamane, 2022; Giedraitienė et al., 2024).

Aktivitas antijamur nanogel ini dapat dijelaskan melalui mekanisme sinergis antara zinc oxide (ZnO) nanopartikel dan senyawa fenolik dalam ekstrak air kulit duku. ZnO nanopartikel diketahui mampu menghasilkan reactive oxygen species (ROS) yang menyebabkan stres oksidatif, peroksidasi lipid, serta kerusakan protein dan DNA sel jamur, sehingga mengganggu integritas membran dan dinding sel *Candida albicans* (Djearamane, 2022; Giedraitienė et al., 2024). Ukuran partikel yang berada pada skala nano juga meningkatkan luas permukaan kontak dengan sel jamur, sehingga memperkuat efek antifungal secara fisik dan kimiawi.

Di sisi lain, senyawa fenolik dan flavonoid yang umumnya terdapat dalam ekstrak kulit duku berkontribusi terhadap aktivitas antijamur melalui mekanisme gangguan permeabilitas membran, denaturasi protein, serta inhibisi enzim esensial jamur. Senyawa fenolik dilaporkan mampu berinteraksi dengan komponen membran sel jamur, termasuk ergosterol, yang berperan penting dalam mempertahankan stabilitas struktur sel *Candida albicans* (Rossatto et al., 2021; Lee et al., 2024). Mekanisme ini menyebabkan kebocoran isi sel dan penurunan viabilitas jamur.

Kombinasi ZnO nanopartikel dan senyawa fenolik dalam sistem nanogel berpotensi menghasilkan efek sinergis, di mana ZnO nanopartikel mempercepat kerusakan sel jamur dan meningkatkan penetrasi, sedangkan senyawa fenolik bertindak sebagai agen bioaktif utama. Selain itu, sistem nanogel memungkinkan pelepasan zat aktif yang lebih terkontrol, peningkatan stabilitas senyawa bioaktif, serta waktu kontak yang lebih lama dengan permukaan sel jamur, sehingga meningkatkan efektivitas antijamur dibandingkan formulasi konvensional (Garg et al., 2020).

Nilai standar deviasi yang sangat kecil pada konsentrasi 4% dan 6% menunjukkan konsistensi dan reproduibilitas hasil pengujian, sedangkan nilai standar deviasi 0 pada konsentrasi 2% mengindikasikan bahwa seluruh pengulangan menghasilkan diameter zona hambat yang sama atau sangat mendekati. Hal ini dapat disebabkan oleh respons antijamur yang relatif stabil pada konsentrasi tersebut atau keterbatasan sensitivitas pengukuran zona hambat pada metode difusi agar.

Sebagai pembanding, kontrol positif ketokonazol menunjukkan aktivitas antijamur paling tinggi dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar  $27,96 \pm 0,77$  mm. Hasil ini menegaskan efektivitas ketokonazol sebagai antijamur golongan azol yang bekerja dengan menghambat biosintesis ergosterol, sehingga masih digunakan sebagai standar pembanding

dalam uji aktivitas antijamur secara in vitro. Meskipun aktivitas nanogel lebih rendah dibandingkan kontrol positif, hasil ini tetap menunjukkan bahwa nanogel ZnO–ekstrak air kulit duku memiliki potensi antijamur yang nyata dan layak dikembangkan lebih lanjut sebagai sediaan topikal berbasis bahan alam dan nanoteknologi.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sediaan nanogel topikal yang mengandung zinc oxide nanopartikel dan ekstrak air kulit duku (*Lansium domesticum* Corr.) berhasil diformulasikan dengan karakteristik fisik yang baik dan ukuran partikel pada skala nano. Variasi konsentrasi ekstrak memengaruhi sifat fisikokimia nanogel, seperti ukuran partikel, viskositas, dan daya sebar. Sediaan nanogel juga menunjukkan aktivitas antijamur terhadap *Candida albicans*, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai sediaan topikal untuk pengendalian infeksi jamur kulit.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Prima Indonesia serta PUI Phyto Degenerative & Lifestyle Medicine Universitas Prima Indonesia yang telah memberikan dukungan fasilitas dan kesempatan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Terima kasih juga kepada seluruh dosen pembimbing dan pihak laboratorium yang telah memberikan arahan, bantuan teknis, serta dukungan selama proses penelitian dan penyusunan naskah ini. Tidak lupa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengambilan data, pengujian laboratorium, serta penyelesaian penelitian ini sehingga artikel ilmiah ini dapat diselesaikan dan dipublikasikan dengan baik.

#### DAFTAR REFERENSI

- Abbas, S., Bashari, M., Akhtar, W., Li, W. W., & Zhang, X. (2021). Process optimization of ultrasound-assisted nanogel formulations and their effect on particle size distribution. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105337.
- Bachmid, S. N., Dewi, C., & Ridwan, B. A. (2022). Formulasi sediaan gel pembersih gigi infusa daun jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) dan uji aktivitas terhadap bakteri *Streptococcus mutans*. *Jurnal Pharmacia Mandala Waluya*, 1(6), 278–289.
- da Cruz Ludwig, J. (2025). Hydrogels and nanogels: Effectiveness in dermal applications. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 16, 90.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (1989). *Materia medika Indonesia* (Jilid V). Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan.

- Djearamane, S. (2022). Antifungal properties of zinc oxide nanoparticles on *Candida albicans*. *Coatings*, 12(12), 1864.
- Garg, A., Sharma, G. S., Goyal, A. K., Ghosh, G., Si, S. C., & Rath, G. (2020). Recent advances in topical carriers of antifungal agents. *Heliyon*, 6(6), e04149.
- Giedraitienė, A., et al. (2024). ZnO nanoparticles enhance antifungal properties against *Candida albicans*. *Nanomaterials*.
- Ginting, A. N. B., Kaban, V. E., Bangar, R. I., & Harahap, D. W. (2025). Formulasi dan uji aktivitas antibakteri gel minyak atsiri rimpang lengkuas merah (*Alpinia purpurata* K. Schum) terhadap *Propionibacterium acnes*. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(1), 75–88.
- Kaban, V. E., Nasri, N., Rani, Z., Suci, N., Sekali, E. S. K., & Sagala, H. U. B. (2024). The effect of turmeric parent extract gel (*Curcuma longa* Linn.) on incision wound healing in male white rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 616–627.
- Kaban, V. E., Nasri, N., Syahputra, H. D., Lubis, M. F., & Satria, D. (2023). Uji aktivitas antibakteri ekstrak daun karenda (*Carissa carandas* Linn.) terhadap bakteri *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus epidermidis*. *Journal of Pharmaceutical and Health Research*, 4(1), 91–96.
- Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2022). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(8), 103879.
- Korompis, G. (2019). Uji in vitro aktivitas antibakteri dari *Lansium domesticum* L. Corr. peel extract. *Chemical Progress Journal*, 12(1), 1–8.
- Lee, J. H., et al. (2024). Antifungal and antibiofilm activities of flavonoids against *Candida albicans*. *Journal of Fungi*.
- Lopez-Miranda, J. L., Molina, G. A., González-Reyna, M. A., España-Sánchez, B. L., Esparza, R., Silva, R., & Estévez, M. (2023). Antibacterial and anti-inflammatory properties of ZnO nanoparticles synthesized by a green method using *Sargassum* extracts. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 1474.
- Lubis, M. F., Kaban, V. E., Aritonang, J. O., Satria, D., Mulina, A. A., & Febriani, H. (2022). Acute toxicity and antifungal activity of the ointment *Murraya koenigii* ethanol extract. *Rasayan Journal of Chemistry*, 15(1), 256–261.
- Modern herbal nanogels. (2022). Recent advances in nanogel production and delivery methods. *Journal of Nanobiotechnology*, 20, 1–25.
- Mursyida, E., & Anjeli, Y. P. (2025). Nanopartikel perak dari ekstrak kulit nanas: Potensi antifungal terhadap *Malassezia furfur* ATCC 14521. *Termometer: Jurnal Ilmiah Ilmu Kesehatan dan Kedokteran*, 3(1), 101–114.
- Nasri, N., Kaban, V. E., Satria, D., Syahputra, H. D., & Rani, Z. (2023). Mekanisme antibakteri ekstrak etanol daun kemangi (*Ocimum basilicum* L.) terhadap *Salmonella typhi*. *Journal of Pharmaceutical and Health Research*, 4(1), 79–84.
- Nasri, N., Satria, D., Kaban, V. E., Tania, C. G., Syahputra, H. D., & Rani, Z. (2024). Antibacterial potential of ethanolic extract of avocado leaves (*Persea americana* Mill.) against clinical isolate of *Klebsiella pneumoniae* and *Proteus mirabilis*. *Trends in Sciences*, 21(7), 7821.

- Patil, S. (2025). Design and development of nanoparticle-based nanogel containing plant extracts. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology*, 18(1), 1–10.
- Possamai Rossatto, F. C., Tharmalingam, N., Escobar, I. E., d’Azevedo, P. A., Zimmer, K. R., & Mylonakis, E. (2021). Antifungal activity of the phenolic compounds ellagic acid (EA) and caffeic acid phenethyl ester (CAPE) against drug-resistant *Candida* species. *Journal of Fungi*, 7(9), 763.
- Pratama, W., & Jafar, G. (2024). Aktivitas antimikroba nanopartikel zinc oxide terhadap bakteri patogen kulit. *Jurnal Kimia dan Aplikasi*, 27(2), 85–92.
- Rani, Z., Nasution, H. M., Kaban, V. E., Nasri, N., & Karo, N. B. (2023). Antibacterial activity of freshwater lobster (*Cherax quadricarinatus*) shell chitosan gel preparation against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 13(2), 146–153.
- Ridwanto, R., Aprilia, H., Rani, Z., Fauzi, Z. P. A., Kaban, V. E., & Nasri, N. (2024). Antibacterial activity test of malacca leaf extract (*Phyllanthus emblica*) against *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 7(1), 22–27.
- Santoso, T., Sukmawati, S., & Miranti, A. (2021). Uji efektivitas air perasan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle) dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*. *HerbaPharma: Journal of Herb Pharmacological*, 3(2), 96–101.
- Setyawan, R., Masrijal, C. D. P., Hermansyah, O., Rahmawati, S., Sari, R. I. P., & Cahyani, A. N. (2023). Formulasi, evaluasi dan uji stabilitas fisik sediaan gel antioksidan ekstrak tali putri (*Cassytha filiformis* L.). *Bencoolen Journal of Pharmacy*, 3(1), 1–10.
- Tan, Y. Y., et al. (2023). Development and evaluation of topical zinc oxide nanogels formulation using *Dendrobium anosmum* and its effect on *acne vulgaris*. *Journal of Dermatological Treatment*, 34(1), 1–12.
- Thomas, N. A., Tungadi, R., Latif, M. S., & Sukmawati, M. E. (2023). Pengaruh konsentrasi Carbopol 940 sebagai gelling agent terhadap stabilitas fisik sediaan gel. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 3(2), 316–324.
- Triananda, A. L., & Wijaya, A. (2021). Formulasi dan uji fisik sediaan gel ekstrak daun petai cina (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit) dengan basis hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC). *Jurnal Kefarmasian*, 6(1), 29–36.