

Efektivitas Gummy Candy Nanosimplisia Bonggol Nanas (*Ananas comosus*) Terhadap Jamur *Candida albicans*

Juli Yosa Mega^{1*}, Jekson Martiar Siahaan², Sofia Rahmi³, Novarianti Marbun⁴

⁽¹⁾⁽²⁾Fakultas Kedokteran Universitas Methodist Indonesia, Indonesia

^{(3),(4)} Fakultas Farmasi Institut Kesehatan Deli Husada Deli Tua

juliyosamega@yahoo.com (1), jekson.siahaahn.sked@gmail.com (2)
sofiarahmi@delihusada.ac.id (3), marbunn03@gmail.com (4)

ABSTRAK

Infeksi jamur yang disebabkan oleh *Candida albicans* masih menjadi salah satu masalah kesehatan yang sering ditemukan di masyarakat. Penggunaan obat antijamur sintetis dalam jangka panjang dapat menimbulkan efek samping dan resistensi sehingga diperlukan alternatif pengobatan berbasis bahan alam. Bonggol nanas (*Ananas comosus*) diketahui mengandung senyawa bioaktif seperti bromelain, flavonoid, tannin, dan fenolik yang berpotensi sebagai antijamur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas gummy candy nanosimplisia bonggol nanas terhadap pertumbuhan *Candida albicans* serta mengevaluasi karakteristik fisik dan nanopartikel sediaan. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium menggunakan rancangan *post test only control group design*. Bonggol nanas diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%, kemudian dibuat nanosimplisia menggunakan metode ultrasonikasi. Nanosimplisia diformulasikan dalam bentuk gummy candy dengan variasi konsentrasi F0 (tanpa nanosimplisia), F1 (5%), F2 (7,5%), dan F3 (10%). Evaluasi sediaan meliputi organoleptik, pH, keseragaman bobot, kadar air, tekstur, stabilitas, ukuran partikel, zeta potensial, dan indeks polidispersi (PDI). Aktivitas antijamur diuji menggunakan metode difusi sumuran terhadap *Candida albicans*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh formula memiliki karakteristik fisik yang baik dan stabil selama penyimpanan 30 hari. Formula F3 menghasilkan ukuran partikel terkecil yaitu $142,8 \pm 5,1$ nm, nilai zeta potensial $-34,5 \pm 1,1$ mV, dan nilai PDI $0,214 \pm 0,01$ yang menunjukkan sistem nanopartikel stabil dan homogen. Uji aktivitas antijamur menunjukkan bahwa formula F3 memiliki aktivitas tertinggi dengan diameter zona hambat sebesar $21,37 \pm 0,62$ mm yang termasuk kategori kuat dan mendekati kontrol positif Nystatin sebesar $24,63 \pm 0,55$ mm. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa gummy candy nanosimplisia bonggol nanas berpotensi dikembangkan sebagai sediaan antijamur herbal terhadap *Candida albicans*.

Kata Kunci: Gummy candy, nanosimplisia, bonggol nanas, antijamur, *Candida albicans*

ABSTRACT

Fungal infections caused by *Candida albicans* remain one of the most common health problems in society. Long-term use of synthetic antifungal drugs may cause side effects and microbial resistance; therefore, alternative treatments based on natural ingredients are needed. Pineapple core (*Ananas comosus*) is known to contain bioactive compounds such as bromelain, flavonoids, tannins, and phenolics which have potential antifungal activity. This study aimed to determine the effectiveness of nanosimplisia gummy candy from pineapple core against the growth of *Candida albicans* and to evaluate the physical and nanoparticle characteristics of the preparation. This study was an experimental laboratory research using a *post test only control group design*. Pineapple core was extracted using the maceration method with 96% ethanol solvent, followed by nanosimplisia preparation using the ultrasonication method. The nanosimplisia was formulated into gummy candy with various concentrations: F0 (without nanosimplisia), F1 (5%), F2 (7.5%), and F3 (10%). Evaluation of the preparation included organoleptic properties, pH, weight uniformity, moisture content, texture, stability, particle size, zeta potential, and polydispersity index (PDI). Antifungal activity was tested using the well diffusion method against *Candida albicans*. The results showed that all formulations had good physical characteristics and remained stable during 30 days of storage. Formula F3 produced the smallest particle size of 142.8 ± 5.1 nm, zeta potential value of -34.5 ± 1.1 mV, and PDI value of 0.214 ± 0.01 , indicating a stable and homogeneous nanoparticle system. The antifungal activity test demonstrated that formula F3 had the highest inhibitory activity with an inhibition zone diameter of 21.37 ± 0.62 mm, categorized as strong activity and close to the positive control Nystatin at 24.63 ± 0.55 mm. Based on the results of this study, nanosimplisia gummy candy from pineapple core has the potential to be developed as a herbal antifungal preparation against *Candida albicans*.

Keywords: Gummy candy, nanosimplisia, pineapple core, antifungal, *Candida albicans*

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kandidiasis oral merupakan salah satu infeksi jamur yang paling sering ditemukan pada rongga mulut manusia dan disebabkan oleh pertumbuhan berlebih jamur *Candida albicans*. Jamur ini dapat tumbuh berlebihan, menyebabkan infeksi dan dapat berkembang ketika sistem imun tubuh menurun, kebersihan mulut kurang baik, atau penggunaan antibiotik dilakukan dalam jangka panjang. Infeksi akibat *Candida albicans* dapat menimbulkan rasa nyeri, sariawan, serta gangguan kenyamanan pada penderita sehingga diperlukan upaya pengobatan yang efektif dan aman. Penggunaan obat antijamur sintetik seperti Nystatin dan Fluconazole memang cukup efektif dalam menghambat pertumbuhan *Candida albicans*, namun penggunaan jangka panjang dapat menimbulkan efek samping serta resistensi jamur. Oleh karena itu, pemanfaatan bahan alam sebagai alternatif antijamur mulai banyak dikembangkan karena dianggap lebih aman, mudah diperoleh, dan memiliki kandungan metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antimikroba. Salah satu tanaman yang memiliki potensi sebagai antijamur alami adalah *Ananas comosus* atau nanas. Tanaman ini banyak dibudidayakan di Indonesia dan hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan, termasuk bonggol nanas yang selama ini masih dianggap limbah pertanian. Bonggol nanas diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, saponin, tannin, alkaloid, dan enzim bromelain yang memiliki aktivitas antimikroba terhadap berbagai mikroorganisme patogen. Enzim bromelain yang terdapat pada bonggol nanas memiliki kemampuan menghidrolisis protein sehingga dapat merusak struktur protein pada dinding sel mikroorganisme. Selain itu, kandungan flavonoid dan tannin pada bonggol nanas juga diketahui mampu menghambat permeabilitas membran sel jamur sehingga menyebabkan kematian sel. Kombinasi senyawa aktif tersebut menjadikan bonggol nanas berpotensi dikembangkan sebagai bahan alami antijamur terhadap *Candida albicans*. Hasil identifikasi LCMS menunjukkan bahwa ekstrak bonggol nanas mengandung senyawa flavonoid seperti *quercetin*, *luteolin*, *luteolin-7-glucoside*, dan *kaempferol* yang diketahui memiliki aktivitas antimikroba melalui mekanisme kerusakan membran sel mikroorganisme. Selain itu, ditemukan pula senyawa fenolik berupa *gallic acid*, *caffeic acid*, *ferulic acid*, *syringic acid*, dan *p-coumaric acid* yang berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur patogen. Pada pengujian LCMS/MS, dihasilkan senyawa *syringic acid* sebagai salah satu senyawa dengan konsentrasi tertinggi pada ekstrak nanas, yaitu mencapai 423,294 µg/g pada ekstrak metanol. Selain itu, kandungan *caffeic acid* sebesar 92,506 µg/g dan *gallic acid* sebesar 127,170 µg/g juga berhasil diidentifikasi. Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri yang kuat terhadap berbagai mikroorganisme patogen. Hasil LC-MS tersebut mendukung aktivitas antibakteri ekstrak bonggol nanas terhadap bakteri gram positif maupun gram negatif. Mekanisme antibakteri diduga berasal dari kerja sinergis flavonoid, fenolik, dan bromelain dalam merusak permeabilitas membran sel, menghambat sintesis protein, serta menyebabkan denaturasi protein sel mikroorganisme. Ada aktivitas antijamur, kandungan flavonoid dan asam fenolat dalam bonggol nanas juga dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan *Candida albicans* dengan cara merusak membran sel jamur dan menghambat pembentukan biofilm. Perkembangan teknologi farmasi moderen mendorong penggunaan sistem penghantaran berbasis nanopartikel untuk meningkatkan efektivitas bahan alam. Nanosimplisia merupakan teknologi pengecilan ukuran partikel simplisia hingga skala nano sehingga luas permukaan zat aktif meningkat dan penyerapan senyawa bioaktif menjadi lebih optimal. Penggunaan nanosimplisia pada bonggol nanas diharapkan dapat meningkatkan aktivitas antijamur karena senyawa aktif lebih mudah berinteraksi dengan sel jamur.

2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana penelitian dengan judul Efektivitas Gummy Candy Nanosimplisia Bonggol Nanas (*Ananas comosus*) Terhadap Jamur *Candida albicans*. Dapat dilaksanakan dengan sesuai prosedur dan tepat waktu.

3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hasil penelitian dengan judul Efektivitas Gummy Candy Nanosimplisia Bonggol Nanas (*Ananas comosus*) Terhadap Jamur *Candida albicans*.

4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian ini adalah memberikan informasi kepada dunia medis dan akademis mengenai hasil penelitian dari Efektivitas Gummy Candy Nanosimplisia Bonggol Nanas (*Ananas comosus*) Terhadap Jamur *Candida albicans* dapat memberikan implikasi bagi penelitian selanjutnya.

II. METODE PENELITIAN

Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan rancangan *post test only control group design* untuk mengetahui efektivitas *gummy candy* nanosimplisia bonggol nanas terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan meliputi preparasi bahan, pembuatan nanosimplisia, formulasi *gummy candy*, karakterisasi sediaan, dan uji aktivitas antijamur.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari–Mei 2026 di Laboratorium Biologi Farmasi, Laboratorium Teknologi Formulasi, Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Farmasi Institut Kesehatan Deli Husada Deli Tua.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat

Alat yang digunakan meliputi blender, ayakan mesh 60, oven, timbangan analitik, *magnetic stirrer*, *hot plate*, pH meter, *particle size analyzer* (PSA), sonikator, inkubator, autoklaf, mikropipet, jangka sorong, Laminar Air Flow (LAF), *rotary evaporator*, serta alat-alat gelas.

Bahan

Bahan yang digunakan meliputi bonggol nanas segar, etanol 96%, akuades, gelatin, gula, sirup glukosa, asam sitrat, natrium benzoat, media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA), suspensi jamur *Candida albicans*, DMSO, dan obat antijamur Nystatin sebagai kontrol positif.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Simplisia Bonggol Nanas

Bonggol nanas dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, kemudian dipotong kecil-kecil dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 40–50°C hingga kadar air berkurang. Sampel kering kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan mesh 60 hingga diperoleh serbuk simplisia bonggol nanas.

Pembuatan Nanosimplisia Bonggol Nanas

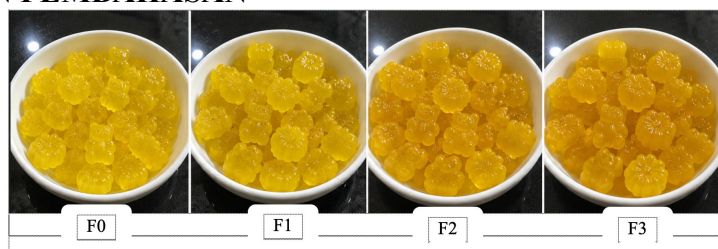
Serbuk simplisia bonggol nanas dibuat menjadi nanosimplisia menggunakan metode ultrasonikasi. Serbuk simplisia disonikasi selama 30 menit hingga diperoleh partikel berukuran nano. Karakterisasi ukuran partikel dilakukan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA).

Formulasi Gummy Candy

R/ Gelatin 15 g

Sirup glukosa 20 g
 Sukrosa 25 g
 Asam sitrat 0.3 g
 Natrium benzoate 0.1 g
 Essence nanas 0.5 mL
 Pewarna kuning makanan qs
 Akuades ad 100 mL

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1 Gummy candy Nanosimplisia Bonggol Nanas dengan Variasi Konsentrasi
 Keterangan :

F0 : *Gummy candy* tanpa nanosimplisia bonggol nanas
 F1 : *Gummy candy* nanosimplisia bonggol nanas konsentrasi 5%
 F2 : *Gummy candy* nanosimplisia bonggol nanas konsentrasi 7.5%
 F3 : *Gummy candy* nanosimplisia bonggol nanas konsentrasi 10%

Hasil Evaluasi Sediaan *Gummy Candy*

Hasil evaluasi sediaan *gummy candy* nanosimplisia bonggol nanas yang diamati yaitu organoleptik, pH, keseragaman bobot, kadar air, tekstur, dan stabilitas fisik. Hasil evaluasi sediaan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Hasil Evaluasi Sediaan *Gummy Candy* Nanosimplisia Bonggol Nanas

Parameter Uji	F0 (0%)	F1 (5%)	F2 (7.5%)	F3 (10%)
Organoleptik	Warna kuning cerah, aroma nanas, rasa manis	Warna kuning, aroma nanas, rasa manis	Warna kuning pekat, aroma nanas, rasa manis	Warna kuning pekat, aroma nanas, rasa manis
pH	3.62±0.05	3.58±0.03	3.55±0.04	3.52±0.02
Keseragaman bobot (g)	3.21±0.12	3.18±0.10	3.23±0.11	3.20±0.09
Kadar Air (%)	16.21±0.41	15.34±0.37	14.87±0.29	14.52±0.33
Tekstur (N)	5.21±0.45	5.58±0.40	6.12±0.36	6.58±0.32
Stabilitas (30 hari)	Stabil (tidak ada perubahan signifikan)	Stabil (tidak ada perubahan signifikan)	Stabil (tidak ada perubahan signifikan)	Stabil (tidak ada perubahan signifikan)

Hasil Karakteristik Nanosimplisia *Gummy Candy* Bonggol Nanas

Karakteristik nanosimplisia *gummy candy* bonggol nanas yang diamati yaitu ukuran partikel, zeta potensial, dan indeks polidispersi. Hasil karakteristik nanosimplisia *gummy candy* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Hasil Karakteristik Nanosimplisia *Gummy Candy* Bonggol Nanas

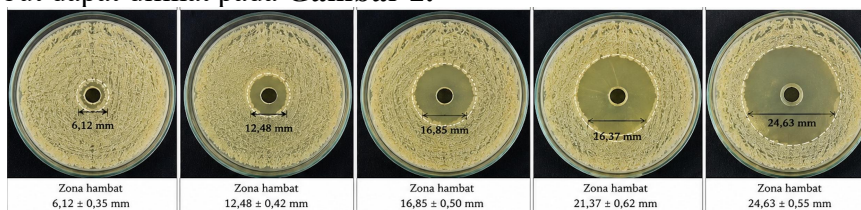
Formula	Ukuran Partikel (nm±SD)	Zeta Potensial (mV±SD)	Indeks Polidispersi (PDI±SD)
F0	294.6±15.2	-8.4±0.5	0.812±0.02

F1	286.4±8.7	-21.6±1.2	0.412±0.01
F2	198.3±6.4	-28.7±0.9	0.298±0.02
F3	142.8±5.1	-34.5±1.1	0.214±0.01

Berdasarkan hasil pengujian, formula F0 menunjukkan ukuran partikel paling besar karena tidak mengandung nanosimplisia sehingga partikel masih berada pada skala mikrometer. Nilai zeta potensial pada F0 juga rendah sehingga menunjukkan stabilitas dispersi yang kurang baik. Pada formula F1, F2, dan F3 terjadi penurunan ukuran partikel secara signifikan seiring meningkatnya konsentrasi nanosimplisia bonggol nanas. Formula F3 menghasilkan ukuran partikel terkecil yaitu 142,8 nm yang menunjukkan bahwa partikel telah berada pada rentang nanopartikel (<200 nm). Nilai zeta potensial paling stabil diperoleh pada formula F3 yaitu -34,5 mV. Nilai zeta potensial di atas ± 30 mV menunjukkan sistem dispersi yang stabil karena adanya gaya tolak-menolak antarpartikel sehingga mencegah agregasi partikel. Indeks polidispersi (PDI) menunjukkan tingkat homogenitas distribusi ukuran partikel. Formula F3 memiliki nilai PDI paling rendah yaitu 0,214 yang menandakan distribusi partikel lebih seragam dan homogen dibandingkan formula lainnya. Nilai PDI <0,3 menunjukkan sistem nanopartikel memiliki distribusi ukuran partikel yang baik.

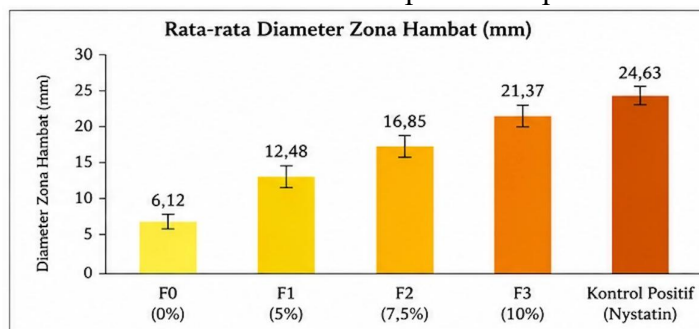
Hasil Diameter Zona Hambat Jamur *Candida albicans*

Diameter zona hambat merupakan ukuran luas daerah bening yang terbentuk di sekitar sampel antimikroba pada media yang telah diinokulasikan mikroorganisme. Zona bening tersebut menunjukkan adanya aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan mikroba akibat senyawa aktif yang terdapat dalam sampel. Semakin besar diameter zona hambat yang dihasilkan, maka semakin kuat kemampuan antimikroba atau antijamur dari suatu bahan uji. Pengukuran diameter zona hambat umumnya dilakukan menggunakan metode difusi cakram atau difusi sumuran pada media agar. Setelah media diinokulasikan dengan mikroorganisme dan diinkubasi, akan terbentuk area bening di sekitar sampel apabila bahan uji mampu menghambat pertumbuhan mikroba. Diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter (mm). Hasil pengukuran zona hambat jamur tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Hasil Pengukuran Zona Hambat Jamur *Candida albicans*

Berdasarkan pengukuran zona hambat di atas dapat dibuat grafik rata-rata diameter zona hambat. Grafik diameter zona hambat tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut.



Gambar 3 Rata-Rata Diameter Zona Hambat Jamur *Candida albicans*

Berdasarkan hasil pengujian aktivitas antijamur terhadap *Candida albicans*, diketahui

bahwa seluruh formula *gummy candy* nanosimplisia bonggol nanas menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan jamur dengan diameter zona hambat yang berbeda-beda. Formula F0 tanpa nanosimplisia menghasilkan rata-rata zona hambat sebesar $6,12 \pm 0,35$ mm yang termasuk kategori aktivitas lemah. Sementara itu, peningkatan konsentrasi nanosimplisia pada F1, F2, dan F3 menyebabkan peningkatan diameter zona hambat secara signifikan hingga mencapai $21,37 \pm 0,62$ mm pada formula F3. Hasil ini menunjukkan bahwa nanosimplisia bonggol nanas memiliki aktivitas antijamur terhadap *Candida albicans*. Formula F0 menunjukkan aktivitas antijamur paling rendah karena tidak mengandung nanosimplisia bonggol nanas sehingga hanya berasal dari basis *gummy candy*. Zona hambat sebesar 6,12 mm menunjukkan bahwa basis sediaan tidak memiliki aktivitas antijamur yang signifikan. Menurut literatur, diameter zona hambat <10 mm dikategorikan sebagai aktivitas lemah. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa aktif dari bonggol nanas menjadi faktor utama dalam penghambatan pertumbuhan *Candida albicans*. Pada formula F1 dengan konsentrasi nanosimplisia 5%, diperoleh rata-rata zona hambat sebesar $12,48 \pm 0,42$ mm yang termasuk kategori aktivitas sedang. Peningkatan zona hambat pada formula ini diduga disebabkan oleh adanya kandungan bromelain, flavonoid, tannin, dan senyawa fenolik dalam bonggol nanas yang mampu merusak membran sel jamur.

IV.KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *leaflet* sebagai media pendidikan kesehatan dapat meningkatkan pengetahuan remaja tentang kesehatan mental. Pengetahuan mengenai kesehatan mental diharapkan dapat mengoptimalkan kehidupan yang lebih baik dan berkualitas. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa **media leaflet efektif sebagai sarana pendidikan kesehatan mental dalam meningkatkan pengetahuan remaja**. Setelah diberikan intervensi berupa pendidikan kesehatan menggunakan leaflet, terjadi peningkatan skor pengetahuan yang bermakna secara statistik dibandingkan sebelum intervensi ($p < 0,05$). Hasil ini menunjukkan bahwa leaflet merupakan media edukasi yang sederhana, mudah dipahami, ekonomis, dan mampu menyampaikan informasi kesehatan mental secara efektif kepada remaja. Peningkatan pengetahuan yang diperoleh diharapkan dapat meningkatkan literasi kesehatan mental, membentuk sikap yang lebih positif terhadap kesehatan mental, mengurangi stigma terhadap gangguan mental, serta mendorong remaja untuk menerapkan perilaku menjaga kesehatan mental dan mencari bantuan profesional apabila diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N., Rahman, T., and Yusuf, M. (2022). Characterization and stability evaluation of herbal nanoparticles for oral delivery systems. *Pharmaceutics*, 14(5), 1021–1033. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14051021>.
- Brown, D., Wilson, J., and Taylor, S. (2025). Advances in nanoherbal formulations for oral antifungal delivery systems. *Nanomedicine*, 52, 102701. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2025.102701>.
- Chen, L., Huang, Y., and Zhao, X. (2024). Influence of phenolic compounds on texture and stability of functional gummy products. *Food Chemistry*, 430, 137210. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.137210>.
- Gupta, S., Verma, R., and Singh, D. (2025). Nanoherbal drug delivery systems for antifungal therapy. *International Journal of Pharmaceutics*, 658, 124562. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2025.124562>.
- Hassan, F., Ibrahim, M., and Khalid, A. (2023). Nanoherbal technology in improving antifungal activity against *Candida* species. *Journal of Nanomaterials*, 2023, 5548123. <https://doi.org/10.1155/2023/5548123>.

Yosa Mega J, Martiar Siahaan J, Rahmi S, Marbun N : Efektivitas Gummy Candy Nanosimplisia Bonggol Nanas (*Ananas comosus*) Terhadap Jamur *Candida albicans*

- Johnson, T., Williams, P., and Carter, L. (2023). Polyphenolic compounds improve stability and antimicrobial activity of nanoparticles. *Scientific Reports*, 13, 29398. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29398-8>.
- Kim, J., Lee, Y., and Park, H. (2024). Nanoencapsulation enhances antimicrobial activity of plant-derived compounds. *Heliyon*, 10(6), e28754. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28754>.
- Kumar, P., Sharma, V., and Rao, S. (2023). Ultrasonication-assisted preparation of herbal nanoparticles and their physicochemical properties. *Applied Sciences*, 13(14), 8187. <https://doi.org/10.3390/app13148187>.
- Lee, H., Kim, S., and Park, J. (2021). Development of nanoparticle systems containing plant extracts as antifungal agents. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 63, 102478. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2021.102478>.
- Martinez, C., Rivera, P., and Gomez, L. (2024). Physicochemical stability of gummy candies fortified with herbal extracts. *International Journal of Food Science*, 2024, 6678214. <https://doi.org/10.1155/2024/6678214>.
- Oliveira, R., Santos, M., and Lima, J. (2023). Antifungal activity of flavonoid-rich plant extracts against *Candida albicans*. *Pharmaceutical Biology*, 61(1), 455–463. <https://doi.org/10.1080/13880209.2023.2189455>.
- Pereira, M., Silva, L., and Costa, R. (2022). Bromelain and phenolic compounds from pineapple waste as natural antimicrobial agents. *Molecules*, 27(18), 5874–5886. <https://doi.org/10.3390/molecules27185874>.
- Pratiwi, E., Nugroho, A., and Saputra, R. (2024). Evaluation of nanoparticle dispersion using polydispersity index and zeta potential. *Journal of Pharmaceutical Investigation*, 54(3), 225–234. <https://doi.org/10.1007/s40005-024-00561-2>.
- Rahman, A., Putra, D., and Kurniawan, F. (2024). Pineapple bioactive compounds and their applications in pharmaceutical preparations. *Journal of Functional Foods*, 112, 105942. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.105942>.
- Santos, P., Almeida, R., and Costa, F. (2025). Effect of gelatin concentration on gummy candy texture and stability. *Food Hydrocolloids*, 156, 109845. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.109845>.
- Sharma, R., Gupta, P., and Singh, A. (2021). Nanoformulation of herbal bioactive compounds for antimicrobial applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 1234–1245. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.112>.
- Tanaka, M., Suzuki, T., and Yamamoto, K. (2025). LC-MS profiling of bioactive compounds from pineapple by-products. *Journal of Molecular Liquids*, 412, 125421. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2025.125421>.
- Wijaya, H., Lestari, D., and Putri, N. (2025). Antifungal mechanisms of bromelain and phenolic compounds from pineapple. *Phytomedicine*, 135, 155902. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2025.155902>.
- Wulandari, D., Prasetyo, B., and Sari, N. (2022). Formulation and evaluation of herbal gummy candy containing plant extracts. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 12(4), 45–53. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2022.120406>.
- Zhang, Y., Li, X., and Chen, H. (2022). Zeta potential and particle size analysis in nanoherbal formulations. *Frontiers in Chemistry*, 10, 879527. <https://doi.org/10.3389/fchem.2022.879527>.

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
13 Mei 2026	20 Mei 2026	02 Juni 2026	Ya