

Formulasi Nanoenkapsulasi Ekstrak Kacang Gude (*Cajanus cajan* L. (Huth.)) sebagai Antidiabetes

*Formulation of Nanoencapsulated Pigeon Pea (*Cajanus cajan* L. (Huth.)) Extract as an Antidiabetic Agent*

Rifkarosita Putri Ginaris^{1*}, Anggi Aryadi², Nadya Afifa¹, Arief Kusuma Wardani³, Lyna L. Indrayati⁴, Blegoh Iwan Santoso⁵

¹Program Studi Sarjana Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Tujuh Belas, Indonesia

²Program Studi Sarjana Keperawatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Tujuh Belas, Indonesia

³Departemen Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Magelang, Indonesia

⁴Fakultas Pertanian, Universitas Tidar, Indonesia

⁵Program Studi Diploma Tiga, Politeknik Unggulan Kalimantan, Indonesia

*email korespondensi: Rifkarosita04@gmail.com

ABSTRAK

Kacang gude (*Cajanus cajan* L. (Huth.)) mengandung flavonoid yang berpotensi sebagai antidiabetes melalui mekanisme penghambatan enzim α -glukosidase. Permasalahan utama penggunaan senyawa flavonoid adalah kelarutan dan stabilitasnya yang rendah. Nanoenkapsulasi dengan kitosan-TPP melalui metode gelasi ionik sederhana dapat meningkatkan stabilitas dan bioaktivitas senyawa aktif. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan formula nanoenkapsulasi ekstrak kacang gude, serta mengevaluasi karakteristik fisik, stabilitas dan aktivitas enzim α -glukosidase. Metode penelitian yang dilakukan dengan variasi konsentrasi nanoenkapsulasi ekstrak kacang gude F1 (0,2%), F2 (0,4%), dan F3 (1%). Karakteristik fisik yang dilakukan meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas, dan potensial zeta, serta uji stabilitas *freeze-thaw cycle test* dengan lima siklus. Aktivitas antidiabetes diuji melalui penghambatan inhibisi α -glukosidase dengan penentuan nilai IC_{50} . Data dianalisis menggunakan ANOVA satu arah dengan uji lanjut tukey ($p < 0,05$). Hasil yang diperoleh, ukuran partikel menurun dari 290,40 nm (F1) menjadi 198,30 (F1), dengan indeks polidispersitas $< 0,3$ pada F2 dan F3. Potensial zeta berkisar -28,10 hingga -36,10 mV. FIII menunjukkan stabilitas terbaik, serta aktivitas antidiabetes paling tinggi dengan IC_{50} sebesar 68 ppm ($p < 0,05$). Kesimpulannya, formula nanoenkapsulasi ekstrak kacang gude menghasilkan partikel berukuran kecil, stabil, dan aktif menghambat α -glukosidase. Formula yang baik pada F3, berpotensi dikembangkan sebagai kandidat sediaan nanoenkapsulasi antidiabetes berbasis bahan alam.

Kata kunci: α -glukosidase; antidiabetes; flavonoid; kacang gude; nanoenkapsulasi

ABSTRACT

Pigeon pea (*Cajanus cajan* L. (Huth.)) contains flavonoids that exhibit potential antidiabetic activity through the inhibition of the α -glucosidase enzyme. The main limitation in the application of flavonoid compounds is their low solubility and stability. Nanoencapsulation using chitosan-TPP via a simple ionic gelation method can enhance the stability and bioactivity of active compounds. This study aimed to develop a nanoencapsulation formulation of pigeon pea extract and to evaluate its physical characteristics, stability, and α -glucosidase inhibitory activity. The research was conducted using variations in nanoencapsulation extract concentrations: F1 (0.2%), F2 (0.4%), and F3 (1%). Physical characterization included particle size, polydispersity index (PDI), and zeta potential, along with a freeze-thaw stability test for five cycles. Antidiabetic activity was assessed by measuring α -glucosidase inhibition and determining the IC_{50} value. Data were analyzed using one-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test ($p < 0.05$). The results showed that particle size decreased from 290.40 nm (F1) to 198.30 nm (F3), with polydispersity index values below 0.3 for F2 and F3. The zeta potential ranged from -28.10 to -36.10 mV. F3 demonstrated the highest stability and the strongest antidiabetic activity with an IC_{50} value of 68 ppm ($p < 0.05$).

In conclusion, the nanoencapsulation formulation of pigeon pea extract produced small-sized, stable particles with effective α -glucosidase inhibitory activity. The optimal formulation was F3, which shows potential for further development as a natural-based antidiabetic nanoencapsulation system.

Keywords: *α -glucosidase; antidiabetic; flavonoid; cajanus cajan; nanoencapsulation*

PENDAHULUAN

Diabetes Melitus (DM) merupakan gangguan metabolisme kronis yang ditandai dengan hiperglikemia persisten akibat kekurangan dalam aksi insulin atau sekresi insulin, atau keduanya (Ginaris & Faizah, 2024). International Diabetes Federation (IDF) pada tahun 2021 melaporkan bahwa Indonesia berada di posisi kelima dengan jumlah penderita diabetes terbanyak, yaitu sekitar 19,5 juta jiwa. Penatalaksanaan DM biasanya melibatkan obat oral, insulin suntik, atau kombinasi keduanya. Meski efektif, pengobatan ini berpotensi menimbulkan efek samping, di antaranya peningkatan berat badan dan risiko hipoglikemia (Andriani et al., 2023).

Penatalaksanaan diabetes melitus umumnya menggunakan insulin atau obat oral, termasuk sulfonilurea, biguanida, dan penghambat α -glukosidase. Akan tetapi, pengobatan tersebut relatif mahal, harus dikonsumsi terus-menerus, dan dapat menyebabkan efek samping tertentu (Tambunan et al., 2016). Terapi farmakologis yang tersedia saat ini seringkali memiliki keterbatasan, baik dari segi efek samping maupun biaya jangka panjang (Pamungkas et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan alternatif terapi berbasis bahan alam yang lebih aman, efektif, dan berkelanjutan. Salah satunya yang berkhasiat sebagai antidiabetes adalah biji kacang gude (*Cajanus cajan* L. (Huth.)).

Kacang gude adalah kacang yang kaya akan flavonoid, termasuk kajanol, quercetin, dan luteolin (Ginaris et al., 2024). Flavonoid termasuk senyawa fenolik dengan berat molekul rendah yang tersusun atas struktur dasar 2-fenil-kromon dari turunan asam asetat (Wang et al., 2023). Senyawa ini berperan sebagai antioksidan yang diketahui memiliki efek hipoglikemia pada penderita diabetes melitus. Studi terdahulu melaporkan bahwa ekstrak kacang gude mampu menghambat enzim α -glukosidase dengan nilai IC_{50} sebesar 69,67 ppm yang menunjukkan potensi penghambatan yang kuat (Ginaris & Fauzah, 2023). Meskipun demikian, flavonoid dalam sistem biologis masih terbatas akibat kelarutan dan stabilitasnya yang rendah, sehingga berdampak pada rendahnya bioavailabilitas (Cahyana & Adiyanti, 2021). Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan sediaan nanoenkapsulasi (Sun et al., 2025).

Nanoenkapsulasi menggunakan polimer alami seperti kitosan dengan metode gelasi ionik sederhana dapat meningkatkan stabilitas, kelarutan, dan bioavailabilitas senyawa aktif (Yu et al., 2018). Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan teknologi

nanopartikel dalam meningkatkan efektivitas senyawa bioaktif, tetapi kajian spesifik pada flavonoid kacang gude masih terbatas (Yanat & Schroen, 2021). Nanoenkapsulasi merupakan salah satu metode yang dapat meningkatkan stabilitas, kelarutan, dan bioavailabilitas senyawa flavonoid. Pengembangan formula nanoenkapsulasi flavonoid kacang gude, diharapkan terapi diabetes dapat lebih optimal (Fitri et al., 2020).

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu simplisia kering kacang gude yang diperoleh dari daerah kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah, Indonesia; kitosan (Sigma-Aldrich); tripolifosfat (TPP) (Merck); asam asetat 1% (Merck); aquadest (PT. Bratachem); buffer fosfat; DMSO (Merck); pPNG (Sigma-Aldrich); enzim α -glukosidase (Sigma-Aldrich); akarbosa (Sigma-Aldrich).

Alat yang digunakan antara lain *magnetic stirrer* (IKA); *centrifuge* (Eppendorf); *particle size analyzer* (PSA) (Malvem Instruments); mikropipet (Eppendorf); *microplate reader* (Biotek Epoch); inkubator (Mettmert); pH meter (Mettler toledo); dan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1800).

Determinasi Kacang Gude

Determinasi dilakukan dengan mencocokkan ciri- ciri tanaman dengan kunci determinasi (Setiawan et al., 2020).

Pembuatan Ekstrak Kacang Gude Metode Maserasi

Ekstraksi dengan metode maserasi menggunakan serbuk kacang gude sebanyak 250 g menggunakan pelarut etanol 70 %, masukkan 75 bagian campuran bubuk ke dalam maserasi, rendam selama 3 hari dan aduk sesekali, saring dan sisa ampas didiamkan selama 2 hari sampai diperoleh filtrat, kemudian ditambahkan sisa etanol sampai 100 bagian. Filtrat diuapkan pada evaporator putar pada suhu 40 °C, diperoleh ekstrak kacang gude kental. Ekstrak kental yang dihasilkan ditempatkan di waterbath untuk menghilangkan sisa pelarut etanol (Cahyaningsih et al., 2019).

Identifikasi Kandungan Senyawa

Uji flavonoid, sebanyak 40 mg ekstrak diekstraksi menggunakan 100 mL air panas dan dipanaskan hingga 5 menit, kemudian disaring. Filtrat (5 mL) dicampurkan dengan 0,05 mg serbuk Mg dan 1 mL HCl pekat, lalu dikocok kuat. Perubahan warna larutan menjadi merah, kuning, atau jingga menunjukkan hasil positif flavonoid (Cahyaningsih et al., 2019).

Pembuatan Nanoenkapsulasi Metode Gelasi Ionik Sederhana

Nilai IC_{50} ekstrak kacang gude sebesar 69,67 ppm ($\pm 0,007\%$ b/v) digunakan sebagai dasar konsentrasi efektif biologis (Ginaris & Fauzah, 2023). Konsentrasi formulasi kemudian dibuat lebih tinggi, yaitu 0,2%, 0,4%, dan 1,0% (tabel 1), untuk mengkompensasi kemungkinan kehilangan senyawa aktif selama proses nanoenkapsulasi serta untuk mengevaluasi pengaruh peningkatan kadar ekstrak terhadap stabilitas dan aktivitas penghambatan enzim.

Tabel 1. Formulasi Nanoenkapsulasi Ekstrak Kacang Gude

Komponen	Konsentrasi (%)		
	F1	F2	F3
Ekstrak Kacang Gude	0,2	0,4	1,0
Kitosan	0,2	0,2	0,2
TPP	0,1	0,1	0,1
Aquadest ad	100	100	100

Larutan kitosan 0,2 w/v dilarutkan dalam asam asetat 1% dan diaduk kecepatan 500 rpm selama 2 jam. Ekstrak flavonoid ditambahkan ke dalam larutan kitosan. Larutan tripolifosfat (TPP) 0,1% w/v diteteskan perlahan ke dalam larutan kitosan, sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Disentrifugasi pada 12.000 rpm selama 15 menit. Partikel dikeringkan menggunakan *freeze-dryer*, disimpan suhu 4°C (Yanat & Schroen, 2021).

Karakterisasi Fisik Ukuran Partikel

Ukuran partikel dan indeks polidispersitas sediaan nanoenkapsulasi ekstrak kacang gude dianalisis menggunakan *particle size analyzer*. Stabilitas ditentukan menggunakan potensi zeta pada suhu ruang dengan penceran sampel menggunakan aquadest sebelum dianalisis (Fitri et al., 2020).

Uji Stabilitas Fisik (*Freeze-Thaw*)

Uji stabilitas fisik sediaan nanoenkapsulasi ekstrak kacang gude menggunakan *freeze-thaw cycle test* replikasi 5 siklus melihat perubahan stabilitas. Setiap siklus terdiri dari penyimpanan sampel pada suhu -20°C selama 24 jam, kemudian dicairkan pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah setiap siklus, perubahan karakteristik fisik, meliputi ukuran partikel, PDI, dan potensial zeta diamati untuk menilai kestabilan nanoenkapsulasi (Mouniga et al., 2023).

Uji Penghambatan Aktivitas Enzim α -glukosidase secara in-vitro

Sebanyak 10 μ L sampel, blanko, dan larutan standar dengan konsentrasi 50, 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm dipipet ke dalam sumur *microplate reader*. Pelarut yang digunakan

adalah dimetil sulfoksida (DMSO), kemudian ditambahkan 50 µL buffer fosfat (pH 7,0). Tiga menit sebelum pengujian, substrat p-nitrofenil-α-D-glukopiranosida (pNPG) 10 mM ditambahkan sebanyak 25 µL. Reaksi dimulai dengan penambahan 25 µL larutan α-glukosidase (0,04 U/mL) yang telah dilarutkan dalam buffer fosfat (pH 7,0), lalu campuran diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 405 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Seluruh prosedur dilakukan dalam tiga kali ulangan, dengan akarbosa sebagai kontrol positif. Nilai IC₅₀ kemudian dihitung berdasarkan persentase inhibisi (Yuniarto & Selifiana, 2018).

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi kontrol} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi sampel}} \times 100\%$$

Analisis Data

Data ukuran partikel, stabilitas, dan persen inhibisi α-glukosidase dianalisis menggunakan ANOVA satu arah untuk membandingkan antar formula, dengan uji lanjut Tukey jika terdapat perbedaan signifikan. Analisis dilakukan dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Determinasi Kacang Gude

Determinasi tanaman dilakukan di Laboratorium UPF Yankestrad Tawangmangu menggunakan metode organoleptik. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dipastikan bahwa sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah benar kacang gude (*Cajanus cajan* (L.) Huth), famili *Fabaceae*, spesies kacang gude (*Cajanus cajan* (L.) Huth), sinonim *Cajanus indicus* Spreng.

Hasil Rendemen Ekstraksi Maserasi

Hasil rendemen ekstrak etanol kedelai hitam dan kacang gude didapatkan pada tabel 2.

Tabel 2. Rendemen Ekstrak Kacang Gude

Sampel	Bobot Serbuk (gr)	Bobot Ekstrak (gr)	Rendemen (%)
Ekstrak Kacang Gude	250	33	13,2

Hasil perhitungan rendemen ekstrak bertujuan untuk mengetahui jumlah ekstrak yang diperoleh selama proses ekstraksi. Pada penelitian ini, rendemen ekstrak kacang gude sebesar 13,2%. Nilai ini menunjukkan ekstraksi tergolong baik dan telah memenuhi Farmakope Herbal Indonesia Edisi II, yang menyatakan bahwa rendemen ekstrak yang baik tidak kurang dari 10% (Hakim et al., 2023). Hasil ini relatif lebih rendah dibandingkan penelitian sebelumnya yang melaporkan rendemen ekstrak kacang gude sebesar 17,344%. Perbedaan nilai rendemen

tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi metode ekstraksi, jenis dan konsentrasi pelarut, ukuran partikel bahan baku, serta lama waktu kontak antara pelarut dan bahan (Ginaris et al., 2024). Meskipun demikian, rendemen yang diperoleh dalam penelitian ini masih tergolong baik dan menunjukkan kemampuan proses ekstraksi dalam menghasilkan senyawa bioaktif yang berpotensi memberikan aktivitas biologis yang optimal.

Hasil Identifikasi Kandungan Senyawa

Flavonoid merupakan komponen penting yang diyakini efektif dalam mengatasi diabetes sekaligus mencegah komplikasi yang menyertainya (Cahyana & Adiyanti, 2021).

Tabel 3. Hasil identifikasi kandungan senyawa

Sampel	Senyawa	Hasil identifikasi	Kesimpulan
Ekstrak Kacang Gude	Flavonoid	Terbentuk warna jingga	+

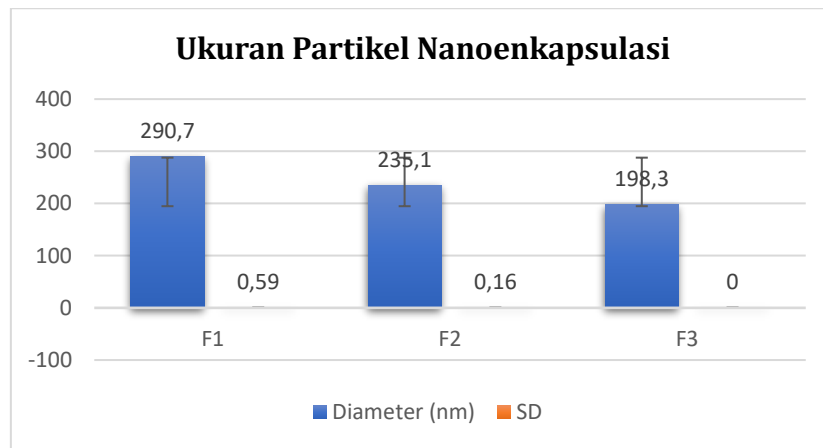
Hasil penelitian pada tabel 3, menunjukkan bahwa ekstrak kacang gude mengandung senyawa bioaktif, khususnya flavonoid, membentuk warna jingga (Sambode et al., 2022). Mekanisme antidiabetes flavonoid melibatkan penghambatan enzim α -glukosidase, yang berdampak pada berkurangnya pencernaan pati dan penurunan glukosa darah pasca makan. Senyawa ini juga dapat membentuk kompleks dengan pati, sehingga lebih sulit dicerna, serta mengurangi penyerapan glukosa melalui penghambatan transporter (Hossain et al., 2020). Selain itu, penelitian sebelumnya melaporkan bahwa flavonoid berpotensi meningkatkan sekresi insulin dari pankreas sehingga membantu mengontrol kadar gula darah (Ginaris & Faizah, 2024).

Hasil Karakterisasi Fisik Nanoenkapsulasi

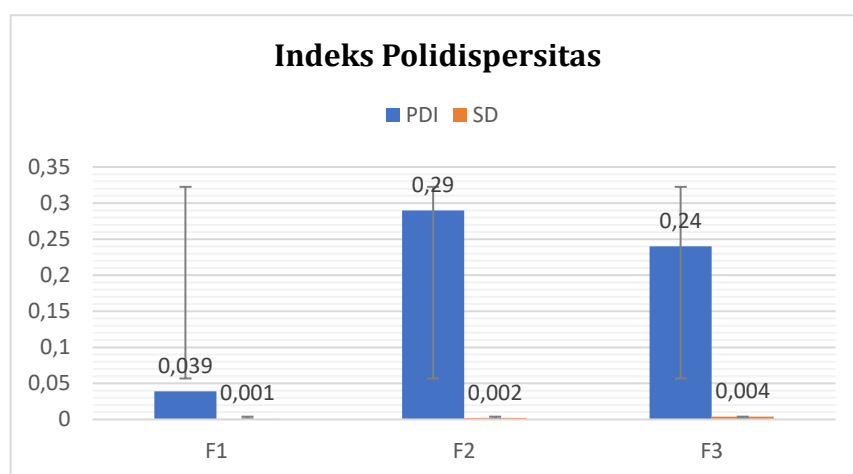
Karakterisasi fisik nanoenkapsulasi ekstrak kacang gude meliputi pengukuran diameter partikel, indeks polidispersitas, dan potensial zeta menggunakan *particle size analyzer*.

Tabel 4. Hasil Karakterisasi Fisik Nanoenkapsulasi

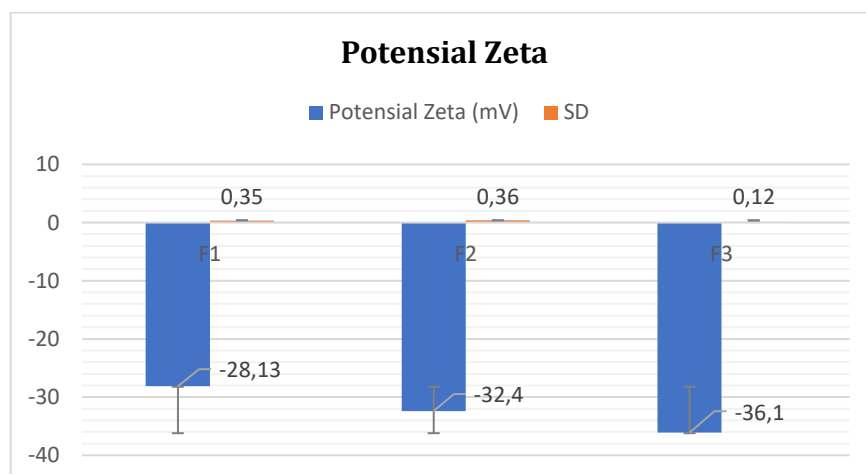
Formula	Parameter	Replikai 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata $\pm$ SD
F1	Diameter (nm)	289.4	290.3	290.5	290.7 $\pm$ 0.59
	indeks polidispersitas	0.338	0.340	0.340	0.039 $\pm$ 0.001
	Potensial Zeta (mV)	-27.8	-28.5	-28.1	-28.13 $\pm$ 0.35
F2	Diameter (nm)	0,290	-32,40	270,60	235.10 $\pm$ 0.16
	indeks polidispersitas	0.288	0.290	0.291	0.290 $\pm$ 0.002
	Potensial Zeta (mV)	-32.5	-32.0	-32.7	-32.40 $\pm$ 0.36
F3	Diameter (nm)	198.3	198.3	198.3	198.30 $\pm$ 0.00
	indeks polidispersitas	0.237	0.238	0.244	0.240 $\pm$ 0.004
	Potensial Zeta (mV)	-35.98	-36.11	-36.22	-36.10 $\pm$ 0.12



Gambar 1. Diagram Perbandingan Rata-Rata dan Standar Deviasi Ukuran Partikel Nanoenkapsulasi



Gambar 2. Diagram Perbandingan Rata-Rata dan Standar Deviasi Indeks Polidispersitas Nanoenkapsulasi



Gambar 3. Diagram Perbandingan Rata-Rata dan Standar Deviasi Potensial Zeta Nanoenkapsulasi

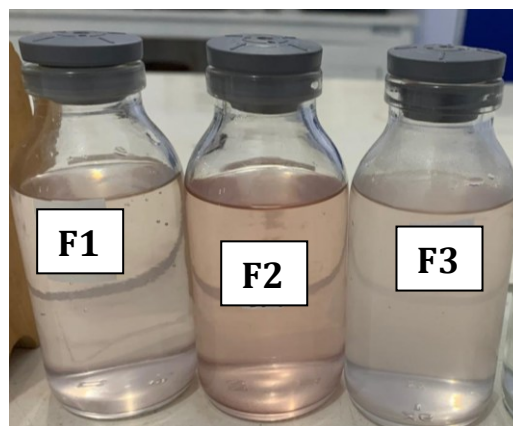
Hasil karakterisasi fisik menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak kacang gude menyebabkan penurunan ukuran partikel nanoenkapsulasi. Formula F1 memiliki ukuran partikel sebesar $290,70 \pm 0,59$ nm, F2 sebesar $235,10 \pm 0,16$ nm, dan F3 sebesar $198,30 \pm 0,00$ nm.

nm. Penurunan ukuran partikel ini disertai dengan penurunan nilai indeks polidispersitas (PDI), di mana F2 dan F3 memiliki nilai indeks polidispersitas $< 0,3$ yang menunjukkan distribusi ukuran partikel yang lebih homogen dibandingkan F1. Analisis statistik menggunakan ANOVA 0,000, menunjukkan bahwa variasi konsentrasi ekstrak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap diameter partikel, indeks polidispersitas, dan potensial zeta ($p < 0,05$). Hal ini mengindikasikan adanya perbedaan nyata karakteristik fisik antar formula. Nilai potensial zeta nanoenkapsulasi berada pada rentang $-28,13 \pm 0,35$ mV hingga $-36,10 \pm 0,12$ mV, dengan formula F3 menunjukkan nilai absolut tertinggi yang mencerminkan kestabilan elektrostatik terbaik. Nilai potensial zeta lebih besar dari ± 30 mV umumnya dikaitkan dengan kestabilan koloid yang baik akibat gaya tolak elektrostatik antar partikel (Mouniga et al., 2023).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan, bahwa nanopartikel berbasis kitosan-TPP yang disintesis melalui metode gelasi ionik menghasilkan ukuran partikel dalam skala nano dengan indeks polidispersitas rendah serta peningkatan kestabilan seiring meningkatnya muatan senyawa aktif (Mouniga et al., 2023). Penelitian lain, juga melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi bahan aktif dalam sistem nanoenkapsulasi kitosan berkontribusi terhadap pembentukan partikel yang lebih kecil dan stabil secara elektrostatik (Andrade et al., 2024).

Stabilitas Fisik Nanoenkapsulasi (*Freeze-Thaw Cycle Test*)

Uji stabilitas fisik nanoenkapsulasi ekstrak kacang gude dilakukan menggunakan metode *freeze-thaw cycle test* untuk mengevaluasi ketahanan sistem terhadap perubahan suhu ekstrem.



Gambar 4. Sediaan Nanoenkapsulasi Ekstrak Kacang Gude

Tabel 5. Hasil Stabilitas Nanoenkapsulasi

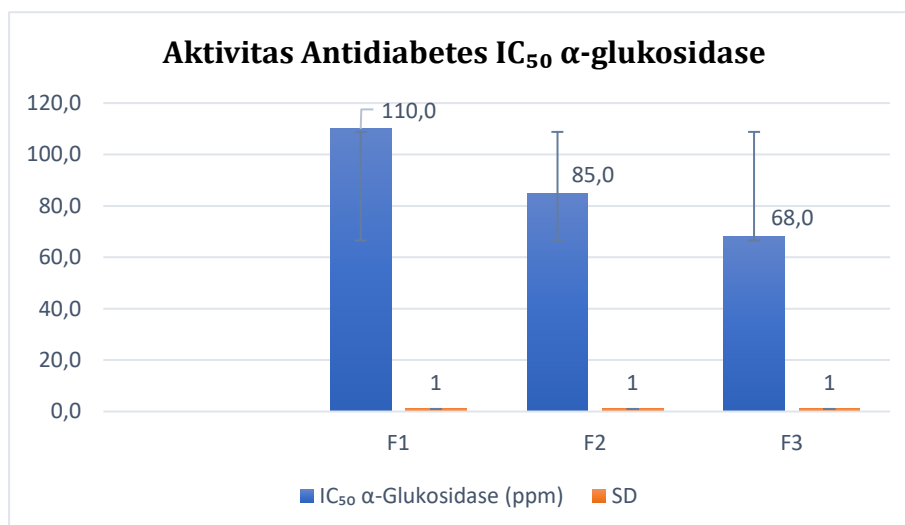
Formula	Diameter partikel (nm)	Ukuran setelah 5 siklus (nm)	Stabilitas visual
F1	290,40	340,20	Agregasi ringan
F2	235,10	270,60	Stabil
F3	198,30	215,40	Paling Stabil

Uji stabilitas fisik nanoenkapsulasi ekstrak kacang gude menggunakan metode *freeze thaw cycle test* menunjukkan perbedaan kestabilan yang nyata antar formula (Tabel 5). Formula F1 mengalami peningkatan ukuran partikel yang signifikan dari 290,40 nm menjadi 340,20 nm setelah lima siklus, disertai terbentuknya agregasi ringan secara visual. Sebaliknya, formula F2 menunjukkan peningkatan ukuran menjadi 270,60 nm tanpa perubahan visual, sedangkan formula F3 mempertahankan kestabilan terbaik dengan ukuran partikel akhir sebesar 215,40 nm dan tetap homogen tanpa agregasi.

Hasil analisis statistik menggunakan uji ANOVA 0,000, menunjukkan bahwa variasi konsentrasi ekstrak memberikan pengaruh signifikan terhadap stabilitas fisik nanoenkapsulasi ($p < 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan komposisi formulasi berkontribusi terhadap perubahan karakteristik partikel selama penyimpanan.

Kestabilan yang lebih baik pada formula F3 berkorelasi dengan ukuran partikel yang lebih kecil, distribusi ukuran yang lebih homogen, serta nilai potensial zeta yang lebih tinggi. Karakteristik tersebut meningkatkan gaya tolak elektrostatis antar partikel, sehingga mampu menghambat terjadinya agregasi selama fluktuasi suhu ekstrem. Temuan ini sejalan dengan penelitian Mouniga et al. yang melaporkan bahwa nanopartikel berbasis kitosan-TPP dengan ukuran kecil dan nilai zeta potensial tinggi menunjukkan kestabilan fisik yang lebih baik terhadap perubahan kondisi lingkungan (Mouniga et al., 2023). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa sistem nanopartikel dengan nilai indeks polidispersitas rendah memiliki resistensi agregasi yang lebih baik selama pengujian penyimpanan dan siklus suhu (Lestari et al., 2025). Dengan demikian, peningkatan konsentrasi ekstrak dalam formulasi nanoenkapsulasi secara signifikan meningkatkan kestabilan fisik sediaan, dengan formula F3 sebagai formulasi yang paling stabil terhadap pengaruh *freeze-thaw cycle test*.

Aktivitas Antidiabetes (Inhibisi α -glukosidase)



Gambar 5. Nilai IC₅₀ α-glukosidase Nanoenkapsulasi Flavonoid Kacang Gude

Tabel 6. Hasil Inhibisi α-glukosidase

Formula	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	IC ₅₀ α-Glukosidase (ppm)
F1	109,0	110,0	110,0	110,0 ± 1.0
F2	84,0	86,0	85,0	85,0 ± 1.0
F3	66,0	68,0	68,0	68,0 ± 1.0

Aktivitas antidiabetes diuji melalui penghambatan enzim α -Glukosidase. Hasil menunjukkan yang konsisten dengan ukuran partikel yaitu semakin kecil ukuran nanopartikel, semakin tinggi aktivitas inhibisi. F1 memiliki nilai IC₅₀ sebesar 110 ppm, F2 sebesar 85 ppm, F3 sebesar 68 ppm. Nilai IC₅₀ F3 paling rendah menandakan potensi penghambatan α -Glukosidase yang paling tinggi. Hal ini dapat dijelaskan, karena nanopartikel dengan ukuran lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga meningkatkan pelepasan dan ketersediaan flavonoid untuk berinteraksi dengan enzim target. Penelitian sebelumnya, bahwa nanoenkapsulasi flavonoid dapat meningkatkan bioavailabilitas dan efektivitas biologisnya (Yang et al., 2021). Hasil analisis statistik nilai IC₅₀ menggunakan uji ANOVA bahwa nilai sig yang dihasilkan 0,003 dengan nilai signifikansi atau p value <0,05. F3 menunjukkan aktivitas penghambatan tertinggi, berbeda signifikan dibandingkan F1 dan F2. Perbedaan antara F1 dan F2 juga signifikan, sehingga terlihat adanya *dose-response relationship* yang jelas, semakin tinggi konsentrasi ekstrak kacang gude, semakin besar aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakteristik fisik, stabilitas *freeze-thaw cycle test*, dan uji aktivitas antidiabetes, F3 dapat ditetapkan sebagai formula yang baik. F3 memiliki ukuran partikel terkecil (198,30 nm), distribusi homogen (PDI 0,24), potensial zeta tertinggi (-36,10 mV), stabil pada uji *freeze-thaw cycle test*, serta menunjukkan aktivitas antidiabetes terbaik dengan IC₅₀ sebesar 68 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi atas dukungan yang diberikan melalui hibah penelitian dosen pemula (PDP) tahun 2025 (nomor kontrak 127/C3/DT.04.00/PL/2025 dan 110/LL6/PL/AL.04/2025). Selain itu, menyampaikan apresiasi kepada Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Tujuh Belas, Karanganyar atas fasilitas penelitian yang telah disediakan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrade, D., Maldonado-bravo, F., Albuquerque, A., Camilo, P., Gamboa, A., Caro, N., Mario, D., Gotelland, M., Abugoch, L., & Tapia, C. (2024). Nanoencapsulation of Maqui (*Aristotelia chilensis*) Extract in Chitosan – Tripolyphosphate and Chenopodin-Based Systems. *Antioxidants*, 13(273). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/antiox13030273>
- Andriani, R., Mahmudah, R., Nuralifah, N., Jannah, S. R. N., Sida, N. A., Hikmah, N., Trinovitasari, N., & Wulandari, W. P. (2023). Formulasi dan Evaluasi Sediaan Granul Antidiabetes Menggunakan Ekstrak Daun Jati (*Tectona grandiss* Linn F.) Sebagai Zat Aktif. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 9(2), 484–491. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v9i2.410>
- Cahyana, Y., & Adiyanti, T. (2021). Review: Flavonoids as antidiabetic agents. *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(2), 512–526. <https://doi.org/10.22146/ijc.58439>
- Cahyaningsih, E., Yuda, P. E. S. K., & Santoso, P. (2019). Skrining Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 5(1), 51–57. <https://doi.org/10.36733/medicamento.v5i1.851>
- Fitri, D., Kiromah, N. Z. W., & Widiastuti, T. C. (2020). Formulasi Dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Pada Berbagai Variasi Komposisi Kitosan Dengan Metode Gelasi Ionik. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 5(1), 61. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v5i1.39269>
- Ginaris, R. P., & Faizah, N. R. (2024). *Ekstrak Kacang Gude Ekstrak Kacang Gude Sebagai Antidiabetes* (F. M. S. Putri (ed.); I). CV. Mitra Edukasi Negeri.

- Ginaris, R. P., & Fauzah, N. R. (2023). The Effectiveness of Flavonoids in Pigeon Pea (*Cajanus cajan*) as Inhibitors of α - Glucosidase Enzyme in Anti-diabetes. *FITOFARMAKA: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 13(2), 140–146.
- Ginaris, R. P., Utami, A. W., Putri, A. E., & Istikhomah, R. A. (2024). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol 70% Kacang Gude (*Cajanus cajan* L.). *Jurnal Kesehatan Tujuh Belas*, 6(1).
- Hakim, R. J., Ismet, R., Buulolo, A., & Dakhi, S. (2023). Optimasi Ekstraksi Dan Karakterisasi Antioksidan Ekstrak Daun Sambiloto (*Andrographis Paniculatanees*) Dengan Metode Maserasi. *Prosiding SENANTIAS*, 4(1), 649–657.
- Hossain, U., Das, A. K., Ghosh, S., & Sil, P. C. (2020). An overview on the role of bioactive α -glucosidase inhibitors in ameliorating diabetic complications. *Food and Chemical Toxicology*, 145.
- Lestari, U., Muhaimin, M., Chaerunisaa, A. Y., & Sujarwo, W. (2025). Formulation Development of Natural Polymeric Nanoparticles, In Vitro Antiaging Evaluation, and Metabolite Profiling of *Toona sinensis* Leaf Extracts. *Pharmaceuticals*, 18(288), 1–31.
- Mouniga, R., Anita, B., Lakshmanan, A., Shanthi, A., & Karthikeyan, G. (2023). Nematicidal Properties of Chitosan Nanoformulation. *Journal of Nematology*, 55(1), 1–13. <https://doi.org/10.2478/jofnem-2023-0033>
- Pamungkas, P. M., Ginaris, R. P., & Nurrahman, A. (2025). Evaluasi Penggunaan Obat Anti diabetes Oral pada Pasien Diabetes Melitus Tipe II di Instalasi Rawat Jalan Rumah Sakit Azizah Metro. *PHARMADEMICA: Jurnal Kefarmasian Dan Gizi Vol.*, 5(1), 116–122.
- Sambode, Y. C., Simbala, H. E. I., & Rumondor, E. M. (2022). Penentuan Skrining Fitokimia, Parameter Spesifik dan Non Spesifik Ekstrak Umbi Bawang Hutan (*Eleutherine americana* Merr). *Pharmacon*, 11(2), 1389–1394.
- Setiawan, A., Kiromah, N. Z. W., & Widiastuti, T. C. (2020). Formulation and Evaluation of Nanoparticle Tablet Preparations of Bay Leaf Extract (*Syzygium Polyanthum*) with Variations in Concentration of Na Alginate and Avicel PH 102. *Pharmacon: Jurnal Farmasi Indonesia*, 17(1), 24–30.
- Sun, S., Yu, Y., Jo, Y., Han, J. H., Xue, Y., Cho, M., Bae, S.-J., Ryu, D., Park, W., Ha, K.-T., & Zhuang, S. (2025). Impact of extraction techniques on phytochemical composition and bioactivity of natural product mixtures. *Frontiers in Pharmacology*, 16(July), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1615338>
- Tambunan, R. M., Rahmat, D., & Silalahi, J. S. (2016). Formulasi Tablet Nanopartikel Ekstrak Terstandar Daun Pulai (*Alstonia scholaris* (L). R. BR) sebagai Antidiabetes. *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry*, 3(4), 291–298.

<https://doi.org/10.25026/jtpc.v3i4.117>

- Wang, R., Li, W., Fang, C., Zheng, X., Liu, C., & Huang, Q. (2023). Extraction and identification of new flavonoid compounds in dandelion *Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz. with evaluation of antioxidant activities. *Scientific Reports*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28775-x>
- Yanat, M., & Schroen, K. (2021). Preparation methods and applications of chitosan nanoparticles; with an outlook toward reinforcement of biodegradable packaging. *Reactive and Functional Polymers*, 161(February). <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2021.104849>
- Yang, Y., Zhang, J. liang, Shen, L. hong, Feng, L. jie, & Zhou, Q. (2021). Inhibition mechanism of diacylated anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) against α -amylase and α -glucosidase. *Food Chemistry*, 359(1), 129934. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129934>
- Yu, H., Park, J. Y., Kwon, C. W., Hong, S. C., Park, K. M., & Chang, P. S. (2018). An overview of nanotechnology in food science: Preparative methods, practical applications, and safety. *Journal of Chemistry*, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2018/5427978>
- Yuniarto, A., & Selifiana, N. (2018). Aktivitas Inhibisi Enzim Alfa-glukosidase dari Ekstrak Rimpang Bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) secara In vitro. *MPI (Media Pharmaceutica Indonesiana)*, 2(1), 22–25. <https://doi.org/10.24123/mpi.v2i1.1299>