

**OPTIMASI SEDIAAN NANOPARTIKEL EKSTRAK HERBA
PEGAGAN (*Centella Asiatica* L.) DENGAN VARIASI WAKTU
SONIKASI**

**OPTIMIZATION OF NANOPARTICLE PREPARATION OF
PEGAGAN HERB EXTRACT (*Centella asiatica* L.) WITH
SONICATION TIME VARIATION**

Erni Rustiani*, Septia Andini, Anita Rizki Fatmawati

Universitas Pakuan, Bogor

*Email Korespondensi: ernirustiani@unpak.ac.id

ABSTRACT

Centella asiatica L. (pegagan) contains triterpenoids and flavonoids with antioxidant and antidiabetic activities, but its low bioavailability limits pharmaceutical application. This study optimized chitosan-based nanoparticles of pegagan herb extract using ionic gelation and spray drying with sonication times of 90, 120, and 150 minutes. Dried simplicia was extracted by maceration with 70% ethanol at a 1:10 ratio for 3 days, yielding 20.86% extract and total flavonoid content of $4.15 \pm 0.79\%$ quercetin equivalent, determined by UV-Vis spectrophotometry at 440 nm. Nanoparticles were prepared from 1.5% extract, 1.3% chitosan, 2% NaTPP, and acetic acid; homogenized at 500 rpm for 30 minutes, sonicated at 20 kHz, and dried using a spray dryer at inlet 137°C and outlet 75–80°C. Characterization included moisture content, particle size, polydispersity index (PDI), zeta potential, yield, and entrapment efficiency. The best result was obtained at 150 minutes of sonication, with particle size 460.7 ± 28.7 nm, PDI 0.471 ± 0.052 , zeta potential -43.57 ± 0.62 mV, moisture content $6.13 \pm 2.34\%$, yield 14.06%, and entrapment efficiency $26.02 \pm 1.03\%$. Longer sonication reduced particle size and improved uniformity through deagglomeration. These nanoparticles may improve pegagan extract stability and delivery.

Keywords: Nanoparticle, Chitosan, NaTPP, *Centella asiatica*, Sonication, Spray Drying

ABSTRAK

Centella asiatica L. (pegagan) mengandung triterpenoid dan flavonoid dengan aktivitas antioksidan serta antidiabetes, tetapi bioavailabilitasnya rendah. Penelitian ini mengoptimasi nanopartikel kitosan ekstrak herba pegagan menggunakan gelasi ionik dan *spray drying* dengan variasi waktu sonikasi 90, 120, dan 150 menit. Siplisia kering diekstraksi melalui maserasi etanol 70% rasio 1:10 selama 3 hari, menghasilkan rendemen 20,86% dan kadar flavonoid total $4,15 \pm 0,79\%$ ekuivalen kuersetin melalui spektrofotometri UV-Vis pada 440 nm. Nanopartikel dibuat dari 1,5% ekstrak, 1,3% kitosan, 2% NaTPP, dan asam asetat; dihomogenisasi 500 rpm selama 30 menit, disonikasi 20 kHz, lalu dikeringkan dengan *spray dryer* pada suhu inlet 137°C dan outlet 75–80°C. Karakterisasi meliputi kadar air, ukuran partikel, indeks polidispersitas (PDI), potensial zeta, perolehan kembali, dan efisiensi penjerapan. Hasil terbaik diperoleh pada sonikasi 150 menit dengan ukuran partikel $460,7 \pm 28,7$ nm, PDI $0,471 \pm 0,052$, potensial zeta $-43,57 \pm 0,62$ mV, kadar air $6,13 \pm 2,34\%$, perolehan kembali 14,06%, dan efisiensi penjerapan $26,02 \pm 1,03\%$. Sonikasi

lebih lama memperkecil ukuran partikel dan memperbaiki keseragaman melalui deaglomerasi. Nanopartikel ini berpotensi meningkatkan stabilitas dan penghantaran ekstrak pegagan.

Kata Kunci: Nanopartikel, Kitosan, NaTPP, Herba Pegagan, Sonikasi, *Spray Drying*

PENDAHULUAN

Pegagan (*Centella asiatica* L.) famili Apiaceae merupakan herba obat tradisional yang telah digunakan secara empiris sebagai jamu atau ramuan herbal Indonesia dalam bentuk simplisia segar, simplisia kering, maupun ekstrak (Sa'adah, 2020). Herba pegagan mengandung triterpenoid utama, yaitu asam asiatik, asiatikosida, dan madekassida, yang memiliki aktivitas antioksidan (Razali *et al.*, 2019). Selain triterpenoid, pegagan juga mengandung alkaloid, saponin, tanin, flavonoid, steroid, dan glikosida (Bermawie *et al.*, 2015). Kandungan tersebut mendukung pemanfaatan pegagan sebagai kandidat bahan obat, termasuk untuk antidiabetes melalui penurunan kadar gula darah.

Flavonoid pada daun pegagan diketahui memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri. Pemisahan flavonoid dapat dilakukan melalui ekstraksi maserasi, dengan konsentrasi pelarut sebagai faktor yang memengaruhi hasil ekstraksi. Perbedaan konsentrasi etanol

mengubah kepolaran pelarut sehingga memengaruhi kelarutan senyawa bioaktif, termasuk flavonoid. Khairunnisa *et al.* (2022) membandingkan etanol 70% dan 96% untuk menentukan kadar flavonoid total ekstrak daun pegagan menggunakan spektrofotometri UV-Vis.

Bioavailabilitas oral ekstrak pegagan masih terbatas akibat rendahnya kelarutan triterpenoid dan flavonoid dalam medium gastrointestinal serta degradasi fitokimia selama penyimpanan (Abdassah, 2014). Teknologi nanopartikel dapat digunakan untuk mengatasi kendala tersebut karena memiliki ukuran partikel 1–1000 nm (Safitri, 2014) dan kemampuan penyerapan yang lebih baik dibandingkan ekstrak konvensional. Nanopartikel berbasis kitosan dilaporkan memiliki ukuran optimal 200–600 nm untuk penetrasi membran sel melalui difusi dan osmosis, dengan luas permukaan spesifik tiga kali lebih besar pada ukuran <500 nm dibandingkan ekstrak konvensional >1000 nm (Husniati & Oktarina, 2014).

Erni Rustiani*, Septia Andini, Anita Rizki Fatmawati

Universitas Pakuan, Bogor

*Email Korespondensi: ernirustiani@unpak.ac.id

Khairunnisa *et al.* (2022) menunjukkan bahwa etanol 70% optimal untuk ekstraksi flavonoid pegagan melalui maserasi dan pengukuran spektrofotometri UV-Vis setelah kompleksasi aluminium klorida. Namun, optimasi nanopartikel ekstrak herba pegagan dengan variasi waktu sonikasi dan *spray drying* masih terbatas, terutama untuk aplikasi antidiabetes. Penelitian ini bertujuan mengoptimasi sediaan nanopartikel kitosan-ekstrak pegagan melalui variasi waktu sonikasi 90, 120, dan 150 menit menggunakan metode gelasi ionik dan *spray drying* untuk meningkatkan karakteristik fisikokimia, meliputi ukuran partikel, PDI, potensial zeta, efisiensi penjerapan, serta bioavailabilitas potensial sebagai kandidat fitofarmaka antidiabetes.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas standar laboratorium (Pyrex®, Amerika Serikat), *homogenizer* (ARMFIELD L4R®), maserator, *Moisture balance* (AND MX-50®), timbangan analitik (Ohaus®, Polandia, Eropa), oven, *particle size distribution analyser* (Malvern®, Worcestershire, United Kingdom),

pH meter (Starter 5000®, China), spektrofotometer UV-Vis (Thermo Scientific Genesys 10S, Amerika Serikat), *spray dryer* (ARMFIELD FT30-MKIII), tanur *ultrasonic*, *vaccum dryer* (Labonco®), *viscometer Brookfield* (DV I-PRIME®, Mumbai, India).

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah simplisia kering herba pegagan dari PT. Palapa Muda Perkasa, asam asetat glasial, aquades, etanol 70%, aluminium klorida, dan metanol p.a, natrium asetat (Sigma-Aldrich®, St. Louis, Amerika Serikat), natrium tripolifosfat, kitosan (Chimultiguna, Cirebon), kuersetin (Sigma-Aldrich®, St. Louis, Amerika Serikat).

Pembuatan Ekstrak Kering Herba Pegagan

Simplisia kering herba pegagan disortasi, dihaluskan menggunakan *grinder*, lalu diayak dengan mesh 40 berukuran pori 425 µm hingga diperoleh serbuk halus dan homogen. Serbuk simplisia kemudian ditimbang dan disimpan dalam wadah kaca kedap udara yang dilengkapi *silica gel* untuk menjaga stabilitas fitokimia.

Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 70% rasio 1:10. Serbuk simplisia sebanyak 1,5 kg dibagi

menjadi tiga bagian, masing-masing 500 g, kemudian dimasukkan ke dalam maserator dan ditambahkan etanol 70% sebanyak 5 L. Remaserasi tidak dilakukan karena penelitian berfokus pada sediaan dan karakterisasi nanopartikel, bukan pada rendemen ekstrak. Simplisia direndam selama 3 hari, dikocok manual 3 kali sehari, dan terlindung dari cahaya matahari langsung. Maserat dipisahkan melalui penyaringan (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2008; Mukhriani, 2014).

Maserat dikeringkan menggunakan *vacuum dryer* dengan penambahan maltodekstrin 10% (b/v) sebagai agen pengering antihigroskopis hingga diperoleh ekstrak kering berbentuk serbuk higroskopis berwarna hijau kehitaman. Rendemen ekstrak kering yang dihasilkan sebesar 20,86% (b/b) dan digunakan untuk formulasi nanopartikel kitosan.

Karakterisasi Serbuk dan Ekstrak Herba pegagan

Pengujian ini memastikan kualitas simplisia dan ekstrak memenuhi standar farmakope sebelum formulasi nanopartikel.

a. Organoleptik: pengamatan warna, rasa dan aroma dilakukan pada serbuk simplisia dan ekstrak herba pegagan (Kemenkes,

2017).

b. Susut Pengerian Simplisia

Serbuk simplisia (2 g) ditempatkan dalam botol kering (105°C, 30 menit), diratakan (lapisan 5-10 mm), dikeringkan pada 105°C hingga bobot konstan, didinginkan dalam desikator, dan dihitung persentase susut pengeringan ($\leq 10\%$). Syarat susut pengeringan yaitu tidak lebih dari 10% (Kemenkes, 2017).

c. Penetapan Kadar Air Ekstrak

Ekstrak kering (2 g) dikeringkan pada 105°C dalam cawan tara hingga perbedaan dua penimbangan berturut-turut $\leq 0,25\%$, dengan syarat maksimal 10% (Depkes RI, 2000). Syarat kadar air dalam ekstrak yaitu tidak lebih dari 10 % (DepKes RI., 2008).

d. Penetapan Kadar Abu Simplisia dan Ekstrak

Simplisia/ekstrak (2 g) dipijarkan pada 600°C hingga arang habis (jika perlu ditambahkan air panas), dilanjutkan hingga bobot konstan pada $800 \pm 25^\circ\text{C}$ untuk menentukan kadar abu tidak larut asam ($\leq 11,6\%$ simplisia; $\leq 16,6\%$ ekstrak).

Uji Kadar Flavonoid Ekstrak Kering Herba pegagan

Ekstrak herba pegagan ditimbang sebanyak 50 mg, dilarutkan ke dalam 50 ml metanol.

Larutan tersebut dipet 5 ml lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan 1 ml larutan AlCl_3 10% dan 1 ml natrium asetat 1 M. Larutan ditambahkan akuades sampai tanda batas labu ukur 10 ml. Dan dikocok sampai homogen. Larutan diinkubasi selama waktu optimum. Absorbansi ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum kadar ekstrak herba pegagan dan dihitung dengan memasukkan nilai absorbansi (y) ke

dalam persamaan regresi linier ($y = bx+a$) dari kurva standar kuersetin yang didapat (Setiani *et al.*, 2017).

Formula dan Pembuatan Nanopartikel

Nanopartikel ekstrak herba pegagan dibuat sediaan dengan ekstrak herba pegagan dengan waktu sonikasi yang berbeda. Berdasarkan penelitian Apriyani (2021). Sediaan nanopartikel mengandung zat aktif daun kelor sebanyak 15 gram.

Tabel 1. Formula Nanopartikel Ekstrak Herba Pegagan

Bahan	Konsentrasi (% b/b)
Ekstrak Herba Pegagan	1,5
Kitosan	1,3
Etanol 96%	10
Na TPP	2
Asam Asetat 1% ditambahkan hingga	100

Sumber : (Apriyani, 2021)

Kitosan dilarutkan ke dalam larutan asam asetat 1% pada pH $\pm$ 4 sebanyak masing-masing sediaan 800 gram sambil dipanaskan hingga larut. Kemudian ekstrak herba pegagan ditimbang sebanyak 15 gram dilarutkan dengan etanol 96% hingga 100 gram, natrium tripolifosfat dilarutkan dengan akuades 100 gram, selanjutnya larutan ekstrak herba pegagan, larutan NaTPP di dispersikan ke dalam larutan polimer kitosan dan ditambahkan hingga 1000 gram. Lalu larutan diaduk hingga homogen

menggunakan *homogenizer* selama 30 menit pada kecepatan 500 rpm. Kemudian dilakukan ultrasonikasi frekuensi kecepatan 20 KHz dengan variasi waktu 90, 120 dan 150 menit. Larutan yang telah homogen diukur viskositasnya menggunakan *viscometer Brookfield*. Campuran dispersi kemudian dimasukkan ke dalam *spray drying* dan dialirkan melalui *nozzle* (1,0 mm). Kondisi semprot kering diatur dengan tekanan 6ml/min dengan proses pembuatan yaitu suhu masuk (*inlet*) 137°C, suhu keluar (*outlet*) 75-80°C,

laju aliran udara automisasi yaitu $6\text{m}^3/\text{min}$, Selanjutnya nanopartikel yang didapat dikumpulkan dan dilakukan pengujian (Muchtaromah *et al.*, 2023).

Karakterisasi Nanopartikel

a. Penentuan Perolehan Kembali

Perolehan kembali (% b/b) dihitung berdasarkan perbandingan bobot nanopartikel yang diperoleh terhadap bobot total bahan pembentuk nanopartikel.

b. Penetapan Kadar Air

Kadar air ditetapkan menggunakan *moisture balance*. Sampel nanopartikel kurang lebih 1 g diletakkan merata di atas wadah aluminium, kemudian diukur hingga kadar air terbaca konstan (Rosidah *et al.*, 2012). Syarat kadar air yang baik untuk nanopartikel kitosan yaitu kurang dari 10% (Suptijah *et al.*, 2011).

c. Penentuan Ukuran Partikel dan Indeks Polidispersitas

Ukuran partikel dan indeks polidispersitas diukur menggunakan *particle size analyzer* metode *wet*. Sampel nanopartikel ± 1 mg didispersikan dalam 10 mL aqua pro injeksi, dimasukkan ke dalam *fraction cell*, lalu diameter rata-rata partikel diukur secara otomatis (Rosidah *et al.*, 2012).

d. Penentuan Potensial Zeta

Potensial zeta nanopartikel ekstrak herba pegagan dianalisis menggunakan *zetasizer*. Syarat potensial zeta nanopartikel yang stabil adalah ± 30 mV (Kurniasari & Sri, 2017).

e. Penentuan Efisiensi Penjerapan

Nanopartikel setara dengan 50 mg ekstrak kering herba pegagan dilarutkan dalam 50 mL metanol, kemudian disentrifugasi pada 3000 rpm selama 45 menit. Residu dipisahkan dari supernatan. Sampel sebanyak 5 mL ditambahkan 1 mL AlCl_3 dan 1 mL natrium asetat, lalu diinkubasi selama 20 menit. Serapan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 440 nm. Kandungan flavonoid dalam nanopartikel dihitung menggunakan persamaan linear dari kurva kalibrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simplisia dan Ekstrak Kering Herba Pegagan

Herba Pegagan digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Palapa Muda Perkasa, Depok Indonesia dan hasil determinasi yang dilakukan di PT. Palapa Muda Perkasa, Depok Indonesia dengan nomor surat 996/IPH.1.01/lf.021/I/2025, tanggal 15 Februari 2025 menyatakan

bahwa herba pegagan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *Centella Asiatica* L. yang termasuk dalam family *Apiacidae*. Hasil rendemen serbuk simplisia sebesar 97,5% dan rendemen ekstrak yang diperoleh sebesar 20,86 %.

Karakteristik Mutu Simplisia dan Ekstrak Kering Herba Pegagan

Tabel 2. Karakteristik Mutu Simplisia dan Ekstrak

Parameter Pengujian			
Sampel	Susut Pengeringan (%)± SD	Kadar Air (%) ± SD	Kadar Abu (%) ± SD
Simplisia	7.9600 ± 0,24571	–	4,4731±0,1701
Ekstrak	–	4,55 ± 0,145	8,75 ± 0,12

Nilai susut pengeringan yang diperoleh dari simplisia herba pegagan, menurut Depkes RI Tahun 2008 menyatakan bahwa kadar susut pengeringan simplisia tidak lebih dari 10%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa simplisia herba pegagan memenuhi syarat tidak lebih dari 10%. Hasil penetapan kadar abu tersebut telah memenuhi persyaratan kadar abu simplisia yaitu tidak lebih dari 11,6 %. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ekstrak memenuhi syarat kadar air yaitu tidak lebih dari 16,6% (Kemenkes RI, 2017).

Penetapan Kadar Flavonoid Ekstrak Herba Pegagan

Penetapan kadar flavonoid ekstrak herba pegagan dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-

Serbuk simplisia herba pegagan memiliki karakteristik berwarna hijau tua, bau khas aromatik lemah dan rasa agak pahit. Hasil karakteristik ekstrak herba pegagan yaitu berwarna kehijauan, berbau khas kuat, rasa agak pahit, dan bersifat higroskopis. Untuk hasil parameter standar simplisia dan ekstrak dapat dilihat pada Tabel 2.

Vis dengan metode aluminium klorida dan kuersetin sebagai pembanding. Panjang gelombang maksimum kuersetin ditentukan pada rentang 400–450 nm dan diperoleh hasil 440 nm. Waktu inkubasi optimum diuji pada menit ke-5, 10, 15, 20, 25, dan 30 untuk memperoleh reaksi yang stabil.

Hasil pengujian menunjukkan waktu inkubasi optimum pada menit ke-25. Kurva standar dibuat menggunakan deret konsentrasi kuersetin dan menghasilkan persamaan regresi linear $y = 0,0715x + 0,0306$ dengan nilai $r^2 = 0,9998$. Berdasarkan perhitungan tersebut, kadar flavonoid total ekstrak kering herba pegagan diperoleh sebesar $4,15 \pm 0,79\%$.

Sediaan dan Pembuatan

Nanopartikel

Nanopartikel ekstrak herba pegagan dibuat menggunakan polimer kitosan karena merupakan pilihan sebagai matriks pembawa dalam pembuatan nanopartikel. Selain itu kitosan dapat melindungi zat aktif dari pengaruh suhu tinggi dan faktor lingkungan akibat adanya sifat tahan panas sehingga dapat meningkatkan stabilitasnya (Saputra, 2016). Hasil karakteristik nanopartikel dari ketiga sediaan dihasilkan berupa serbuk berwarna

hijau dan bau khas aromatik.

Hasil Karakteristik Nanopartikel

a. Penetapan Kadar Air

Penetapan kadar air sediaan nanopartikel dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung dalam nanopartikel yang dihasilkan dari proses semprot kering karena kadar air yang tinggi dapat mempengaruhi stabilitas sediaan. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Moisture balace*. Hasil kadar air dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Air Nanopartikel Ekstrak Herba Pegagan

Sampel (Waktu sonikasi)	Kadar Air (%) $\pm$ SD
F1 (90 menit)	6,43 $\pm$ 2,61
F2 (120 menit)	6,10 $\pm$ 2,19
F3 (150 menit)	6,13 $\pm$ 2,34

F1 menghasilkan nilai kadar air yang lebih besar karena durasi waktu sonikasi 90 menit yang digunakan masih singkat sehingga proses kavitasi belum maksimal dalam memecah aglomerat nanopartikel dan memiliki pori-pori yang dapat menahan air di dalam matriks sulit menguap dan menyebabkan kadar air lebih tinggi dibandingkan dengan sediaan 2 dan

sediaan 3.

b. Penentuan Ukuran Partikel, PDI dan Zeta Potensial

Pengukuran distribusi ukuran partikel ekstrak herba pegagan dilakukan dengan alat *particle size analyser* (PSA). Adapun data distribusi ukuran partikel, indeks polidispersitas dan zeta potensial dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Ukuran Partikel, Indeks Polidispersitas dan Zeta Potensial

Sampel (Waktu sonikasi)	Ukuran Partikel (nm) $\pm$ SD	PDI $\pm$ SD	Zeta Potensial (mV) $\pm$ SD
F1 (90 menit)	803,4 $\pm$ 15,0 ^a	0,512 $\pm$ 0,095	- 43,03 $\pm$ 0,80
F2 (120 menit)	732,6 $\pm$ 67,34 ^a	0,416 $\pm$ 0,055	- 42,40 $\pm$ 1,39
F3 (150 menit)	460,7 $\pm$ 28,7 ^b	0,471 $\pm$ 0,052	- 43,57 $\pm$ 0,62

Hasil ukuran partikel ketiga sediaan berkisar antara 460,7–

803,4 nm dan masih memenuhi persyaratan nanopartikel, yaitu 10–1000 nm (Pradana dkk., 2015). Ukuran partikel terbesar terdapat pada F1 karena waktu sonikasi 90 menit belum menghasilkan proses kavitasi yang optimal, sehingga energi yang terbentuk belum cukup untuk memecah aglomerat partikel. Kondisi ini menyebabkan dispersi belum homogen, proses deaglomerisasi terhambat, dan ukuran partikel menjadi lebih besar dengan distribusi yang lebih lebar (Sa'adah, 2020).

Ukuran partikel pada penelitian ini masih berada dalam rentang nanopartikel kitosan yang dilaporkan sebelumnya. Sa'adah (2020) memperoleh ukuran partikel 289–1310 nm, Hidayati *et al.* (2025) melaporkan nanopartikel kitosan ekstrak daun salam sebesar 284–630 nm, sedangkan Fitri *et al.* (2020) memperoleh ukuran 384–513 nm. Ayumi *et al.* (2018) juga melaporkan ukuran nanopartikel ekstrak daun ekor naga sebesar 234,49–1479,50 nm, yang dipengaruhi oleh konsentrasi kitosan, rasio kitosan–NaTPP, dan kondisi proses. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel F3 sebesar 460,7 nm masih sesuai dengan rentang nanopartikel kitosan dalam literatur dan bahwa metode *spray*

drying tetap dapat menghasilkan ukuran partikel yang sebanding dengan metode gelasi ionik.

Ukuran partikel dipengaruhi oleh jumlah polimer, lama pengadukan, dan kecepatan pengadukan saat homogenisasi campuran ekstrak dengan polimer (Ratnawati, 2018). Pada penelitian ini, F3 dengan waktu sonikasi 150 menit menghasilkan ukuran partikel paling kecil dibandingkan F1 dan F2. Semakin lama waktu sonikasi, semakin optimal proses kavitasi dan deaglomerasi, sehingga ukuran partikel yang terbentuk semakin kecil.

Data ukuran partikel menunjukkan hasil terdistribusi normal dan homogen dengan nilai signifikansi 0,084. Analisis *One Way ANOVA* menghasilkan *p*-value $0,00 < 0,05$, sehingga terdapat perbedaan bermakna antarformula. Uji lanjut Tukey dilakukan untuk mengetahui perbedaan signifikan antarformula.

Nilai indeks polidispersitas (PDI) kurang dari 0,5 menunjukkan distribusi ukuran partikel yang homogen, sedangkan nilai lebih dari 0,5 menunjukkan heterogenitas yang tinggi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa F2 dan F3 memiliki PDI $< 0,5$, sedangkan F1 memiliki PDI 0,512, sehingga

distribusi partikelnya lebih heterogen. Zeta potensial ketiga sediaan bermuatan negatif, berbeda dengan Apriyani (2021) yang memperoleh nilai -62,5; -67,9; dan -71,1 mV tanpa penggunaan NaTPP dan variasi waktu sonikasi. Hasil zeta potensial pada penelitian ini masih menunjukkan stabilitas koloid yang baik karena nilainya melebihi batas ± 30 mV. Dipahayu (2021) melaporkan zeta potensial 33,40 mV pada nanopartikel dengan campuran NaTPP, dengan muatan positif akibat dominasi kitosan.

Pada penelitian ini, muatan negatif dapat dipengaruhi oleh NaTPP sebagai *crosslinker* bermuatan negatif, sedangkan lama sonikasi turut memengaruhi ukuran dan kestabilan nanopartikel.

c. Perolehan Kembali dan Efisiensi Nanopartikel

Nilai perolehan kembali adalah faktor yang paling penting untuk mengetahui baik atau tidaknya metode yang digunakan. Hasil perolehan kembali dan efisiensi penjerapan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perolehan Kembali Nanopartikel

Sampel (Waktu sonikasi)	Perolehan kembali (%)	Efisiensi Penjerapan (%) $\pm$ SD
F1 (90 menit)	12,81	19,52 $\pm$ 1,02
F2 (120 menit)	13,12	23,86 $\pm$ 1,37
F3 (150 menit)	14,06	26,02 $\pm$ 1,03

Hasil perolehan kembali nanopartikel kitosan ekstrak herba pegagan menunjukkan bahwa F3 memiliki nilai tertinggi dibandingkan F1 dan F2, yaitu 14,06%, dengan viskositas 118,0 cps. Perolehan kembali yang lebih besar pada F3 dapat dipengaruhi oleh viskositas yang lebih rendah, sehingga proses *spray drying* berlangsung lebih optimal. Sebaliknya, viskositas yang tinggi dapat menyebabkan lebih banyak nanopartikel menempel pada dinding alat semprot kering, sehingga rendemen menurun.

Uji efisiensi penjerapan dilakukan untuk mengetahui kemampuan polimer dalam menyerap zat aktif dan menilai efektivitas metode yang digunakan. Semakin tinggi efisiensi penjerapan, semakin besar kemampuan kitosan dalam melindungi zat aktif dari faktor luar yang dapat merusak senyawa aktif, sehingga bioavailabilitas zat aktif dapat meningkat (Taurina et al., 2017).

Efisiensi penjerapan nanopartikel berada pada rentang 19,52–26,02%. F3 menunjukkan

nilai tertinggi, sedangkan F1 memiliki nilai terendah. Hasil ini masih lebih rendah dibandingkan penelitian Hajirin et al. (2024), yaitu 30,72%. Efisiensi penjerapan yang relatif rendah diduga dipengaruhi oleh sifat flavonoid yang polar dan mudah larut dalam fase air, sehingga tidak seluruh zat aktif dapat terjerap optimal ke dalam matriks kitosan.

KESIMPULAN

Nanopartikel ekstrak herba pegagan *Centella asiatica* L. yang dioptimasi dengan metode gelasi ionik kitosan-NaTPP dan *spray drying* menunjukkan stabilitas koloid yang baik pada ketiga variasi waktu sonikasi (90, 120, dan 150 menit), ditandai dengan zeta potensial negatif <-42 mV dan indeks polidispersitas (PDI) $<0,5$. Sediaan optimal diperoleh pada sonikasi 150 menit dengan karakteristik mutu superior: ukuran partikel $460,7 \pm 28,7$ nm, PDI $0,471 \pm 0,052$, zeta potensial $-43,57 \pm 0,62$ mV, efisiensi penjerapan $26,02 \pm 1,03\%$, perolehan kembali $14,06\%$, dan kadar air $6,13 \pm 2,34\%$. Peningkatan waktu sonikasi secara signifikan ($p<0,05$) mengurangi ukuran partikel melalui optimalisasi proses kavitas dan deaglomerasi, meningkatkan homogenitas distribusi ukuran dan efisiensi

enkapsulasi flavonoid.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, S., D. (2021). Sediaan Sediaan Nanopartikel Ekstrak Daun Kelor Menggunakan Polimer Kitosan Dengan Metode Spray Drying. *Skripsi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Pakuan Bogor*.
- Ayumi, D., Sumaiyah, S., & Masfria, M. (2018). Pembuatan dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Ekor Naga (*Rhaphidophora Pinnata* (L) Schott) Menggunakan Metode Gelasi Ionik. *In Talenta Conference Series: Tropical Medicine (TM)*, 1(3), 29-33.
- Bermawie, N., Purwiyanti, S., & Germplasm, L. U. (2015). Keragaan Sifat Morfologi, Hasil dan Mutu Plasma Nuftah Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban.). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah Dan Obat*, 19(1), 1-17.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2008). *Farmakope Herbal Indonesia*. Depkes RI.
- Fitri, D., Kiromah, N. Z. W., & Widiastuti, T. C. (2020). Sediaan 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.*, 51(1), 61.
- Hajirin., Aminah., Rahman., Aulia, N., Amalia., Hardiani, S., & Lia. (2024). Eksplorasi Kearifan Lokal Khas Borneo: Biosintesis Nanopartikel Perak Ekstrak

- Etanol Daun Kokang (Lepishanthes amoena (Hass) Leenh). *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 6(2), 356–377.
- Hidayati, E. N., Santoso, J., Ma'rifah, B., Azzahra, F., Rahayyu, A., Masruriati, E., Aisyiah, A., & Kinanti, C. D. (2025). Formulasi dan karakterisasi nanopartikel kitosan mengandung ekstrak daun salam (Syzygium polyanthum). *Majalah Farmasetika*, 10(1), 57–68.
- Kemenkes. (2017). Farmakope Herbal Indonesia. In *Kementrian Kesehatan RI (II)*.
- Khairunnisa, S., Hakim, R, A., & Audina, M. (2022). Perbandingan Kadar Flavonoid Total Berdasarkan Perbedaan Konsentrasi Pelarut Etanol Dari Ekstrak Daun Pegagan (Centella asiatica (L) Urban). *Journal Of Pharmaceutical Care and Sciences.*, 3(1), 121-131.
- Kurniasari, D., & Sri, A. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Temu Kunci (Boesenbergia pandurata) Pada Berbagai Variasi Komposisi Kitosan. *Jurnal Sains Dasar.*, 6(1), 31-35.
- Muchtaromah, B., Eko, B. M., Rahmi, A., Arif, N. M., Ely, N. F., Prilya, D. F., Listiani, S., & Kenji, M. (2023). Synthesis and Optimization of Nanoparticle Chitosan-Tripolyphosphate Centella asiatica using Ionic Gelation Method with Difference Sonification Time. *Research Journal of Pharmacy and Technology.*, 16(8), 3847.
- Mukhriani. (2014). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan. Jurnal Kesehatan*, 7(2), 361–362.
- Razali, N. N. M., Ng, C. T., & Fong, L. Y. (2019). Cardiovascular protective effects of Centella asiatica and its triterpenes: a review. *Planta Medica*, 85(16), 1203-1215.
- Rosidah, I., Wahono, S., & Silvia, S. (2012). Preparasi Mikrosfer Fraksi Etil Asetat Herba Sambiloto (Andrographis paniculata Nees) Dengan Metode Semprot Kering. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia.*, 10(2), 132–137.
- Sa'adah, N. (2020). Pengaruh Ultrasonifikasi Terhadap Karakteristik Nanopartikel Ekstrak Pegagan (Centella Asiatica L.). *Skripsi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang*.
- Setiani, L. A., Sari, B. L., Indriani, L., & Jupersio. (2017). Penentuan Kadar Flavonoid Ekstrak Etanol 70% Kulit Bawang Merah (Allium Cepa L.) Dengan Metode Maserasi Dan MAE (Microwave Assisted Extraction). *Fitofarmaka: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 7(2), 15–22.
- Suptijah, P., Jacob, M. A., & Rachmanis, D. (2011). Karakterisasi Nano Kitosan Cangkang Udang Vannamei (Litopenaeus vannamei) Dengan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia.*, 14(2), 78-84.