

SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK DENGAN FRAKSI AIR RIMPANG TEMU KUNCI (*Boesenbergia pandurata*) SEBAGAI BIOREDUKTOR METODE *GREEN SYNTHESIS*

Firda Maghfiroh¹, Anita Puspa Widiyana^{2*}, Dian Novita Wulandari³

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang
email: 22101102029@unisma.ac.id

^{2*}Departemen Farmasi, Program Studi Farmasi, Universitas Islam Malang
Koresponden : email: anitapuspaw@unisma.ac.id

³Departemen Farmasi, Program Studi Farmasi, Universitas Islam Malang
email: diannovi@unisma.ac.id

ABSTRAK

Pendahuluan: Logam perak ketika berbentuk nanopartikel dapat menunjukkan efektivitas antibakteri yang semakin kuat karena luas permukaan yang besar dan tingkat reaktivitas yang tinggi. Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan memanfaatkan fraksi air rimpang temu kunci sebagai bioreduktor. Fraksi air tersebut memiliki konstanta dielektrik yang tinggi, sehingga mampu melarutkan senyawa aktif secara optimal dan meningkatkan efisiensi proses sintesis nanopartikel perak. Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan nanopartikel perak melalui proses sintesis fraksi air rimpang temu kunci serta melakukan karakterisasi terhadap produk yang dihasilkan.

Metode: Nanopartikel perak disintesis dengan mereaksikan AgNO_3 1,5 mM dan fraksi air dalam perbandingan 1:1, dengan penambahan NaOH pada waktu reaksi. Campuran diaduk menggunakan hotplate selama 60 menit pada kecepatan 300 rpm. Analisis terhadap karakteristik nanopartikel yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan *Particle Size Analyzer*.

Hasil dan Pembahasan: Indikasi keberhasilan sintesis nanopartikel terlihat dari perubahan warna larutan dari bening menjadi cokelat kehitaman. Hasil spektrum UV-Vis memperlihatkan adanya puncak serapan pada panjang gelombang maksimum sebesar 443 nm. Hasil analisis PSA menghasilkan ukuran partikel sebesar $96,73 \pm 3,09$ nm dengan indeks polidispersitas $0,16 \pm 0,03$ serta nilai zeta potensial sebesar $3,90 \pm 2,00$ mV. Hasil panjang gelombang sesuai dengan karakteristik *surface plasmon resonance* (SPR) nanopartikel perak dan ukuran partikel berada dalam rentang ukuran nanometer yang menunjukkan sintesis berjalan dengan efektif.

Kesimpulan: Fraksi air rimpang temu kunci terbukti efektif berperan sebagai pereduksi terhadap sintesis nanopartikel perak.

Kata Kunci: Fraksi air, *Green Synthesis*, Nanopartikel perak, Temu kunci,.

SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING THE AQUEOUS FRACTION OF FINGERROOT RHIZOME (*Boesenbergia pandurata*) AS A BIOREDUCTANT BY THE GREEN SYNTHESIS METHOD

Firda Maghfiroh¹, Anita Puspa Widiyana^{2*}, Dian Novita Wulandari³

¹Pharmacy Study Programme, Faculty of Medicine, Islamic University of Malang
email: 22101102029@unisma.ac.id

^{2*}Department of Pharmacy Study Program, Faculty of Medicine, Islamic University of Malang

Corresponding author: anitapuspaw@unisma.ac.id

³Department of Pharmacy Study Program, Faculty of Medicine, Islamic University of Malang
email: diannovi@unisma.ac.id

ABSTRACT

Introduction: When silver metal is in the form of nanoparticles, it can exhibit stronger antibacterial effectiveness due to its large surface area and high level of reactivity. The synthesis of silver nanoparticles was carried out by utilising the water fraction of fingerroot (*Boesenbergia pandurata*) rhizome as a bioreductor. The water fraction has a high dielectric constant, so it is able to dissolve active compounds optimally and increase the efficiency of the silver nanoparticle synthesis process. This study was conducted to produce silver nanoparticles through the synthesis process of the key ginger rhizome water fraction and to characterise the resulting product.

Methods: Silver nanoparticles were synthesised by reacting AgNO_3 1.5 mM and water in a 1:1 ratio, with the addition of NaOH at the reaction time. The mixture was stirred using a hotplate for 60 minutes at 300 rpm. Analysis of the characteristics of the resulting nanoparticles was carried out using UV-Vis spectrophotometry and a particle size analyser.

Results and Discussion: An indication of the success of nanoparticle synthesis is seen from the change in colour of the solution from clear to blackish brown. The UV-Vis spectrum results showed an absorption peak at a maximum wavelength of 443 nm. PSA analysis results produced a particle size of 96.73 ± 3.09 nm with a polydispersity index of 0.16 ± 0.03 and a zeta potential value of 3.90 ± 200 mV. The wavelength results are in accordance with the surface plasmon resonance (SPR) characteristics of silver nanoparticles, and the particle size is in the nanometer size range, which indicates the synthesis is running effectively.

Conclusion: The water fraction of fingerroot rhizome proved to be effective as a reducer for the synthesis of silver nanoparticles.

Keywords: Silver nanoparticle, Green synthesis, Fingerroot, Aqueous fraction

PENDAHULUAN

Penghantaran nanopartikel merupakan metode sintesis dan dispersi partikel yang tersebar dalam ukuran nanometer, yakni pada sifat khasnya berukuran 1-100 nm (Anggraeny, 2017; Handayani *et al.*, 2020). Nanopartikel perak (AgNP) merupakan nanopartikel yang paling signifikan karena memiliki sifat antibakteri, antijamur, antiinflamasi, dan antiangiogenesis (Siddiqui *et al.*, 2023). Perak dalam bentuk nanopartikel menunjukkan peningkatan efektivitas sebagai antibakteri terutama karena luas permukaan yang tinggi dan reaktivitas yang besar (Suryadi *et al.*, 2022; Prasetyaningtyas & Widiarti, 2020). Nanopartikel perak mampu menembus dinding sel bakteri melalui interaksi elektrostatik antara ion perak bermuatan positif dengan permukaan membran sel bermuatan negatif, yang memungkinkan nanopartikel tersebut menembus membran dan menimbulkan kerusakan serta kematian sel (Nanda, 2023).

Kemampuan AgNP sebagai antibakteri didasari dengan pengembangan sintesis melalui metode *green synthesis* dengan bantuan rimpang temu kunci sebagai bioreduktor. Rimpang temu kunci memiliki peran sebagai bioreduktor karena memiliki kandungan senyawa yaitu flavonoid (Landaita *et al.*, 2024). Gugus hidroksil yang dimiliki senyawa flavonoid berperan dengan cara mendonorkan elektron Ag^+ untuk menghasilkan nanopartikel perak sekaligus menjadi agen stabilisasi untuk mencegah aglomerasi (Yasser *et al.*, 2019; Fajri *et al.*, 2022). Adanya perubahan visual pada warna larutan, sebagai indikasi terbentuknya nanopartikel, dipicu oleh ikatan rangkap terkonjugasi yang terbentuk akibat interaksi antara gugus -OH dengan ion Ag (Trinanda *et al.*, 2019).

Potensi ini semakin diperkuat dengan penggunaan fraksi air rimpang temu kunci yang kaya akan senyawa flavonoid. Senyawa aktif dapat dilarutkan secara optimal dikarenakan fraksi air rimpang temu kunci mempunyai konstanta dielektrik yang besar. Selain itu, kandungan tersebut juga dapat meningkatkan efisiensi terhadap sintesis nanopartikel perak (Dona *et al.*, 2020). Meskipun berbagai penelitian telah mengeksplorasi pemanfaatan tanaman sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel, namun data terkait AgNP berasal dari fraksi air rimpang temu kunci masih minim dibahas dalam studi-studi terdahulu. Dengan demikian studi ini mempunyai tujuan guna sintesis nanopartikel perak memanfaatkan fraksi air temu kunci.

METODE PELAKSANAAN

Desain Penelitian

Eksperimental laboratorium diterapkan sebagai desain penelitian pada studi ini dengan menggunakan metode penelitian pembentukan nanopartikel perak menggunakan bioreduktor fraksi air rimpang temu kunci serta dilakukan uji aktivitas antibakteri terhadap nanopartikel perak.

Bahan Penelitian

Serbuk rimpang temu kunci, etanol 96%, aquades, AgNO_3 , NaOH, *n*-Heksan.

Alat Penelitian

Alat gelas, neraca analitik, *hotplate-stirrer*, *ultrasonic bath*, spektrofotometri UV-Vis, *Rotary evaporator*, *Particle Size Analyzer* (PSA), corong buchner, pH meter, kertas saring, oven.

Ekstraksi Rimpang Temu Kunci

Ekstraksi dilakukan kepada serbuk rimpang temu kunci dilarutkan dalam etanol 96% dengan rasio 1:10 dan ekstraksi dengan metode UAE. Filtrat yang didapatkan diuapkan dengan *rotary evaporator*.

Fraksinasi Cair-Cair Bertingkat

Ekstrak etanol rimpang temu kunci ditimbang 10 gram dan dilarutkan dengan 100 ml etanol diletakkan pada corong pisah kemudian dilakukan penambahan 100 ml *n*-Heksana. Larutan digojoj dalam durasi 10-15 menit dengan konstan sampai didapat fase *n*-Heksana yang jernih. Fraksi etanol disimpan dan fase *n*-Heksan dimasukkan dalam corong pisah dan ditambahkan aquades 100 ml. Digojoj secara konstan selama 10-15 menit hingga diperoleh air yang jernih. Fraksi air diambil lalu dipekatkan dengan *rotary evaporator*. Kemudian didapatkan residu air yang telah ditampung lalu dikeringkan dengan *waterbath* hingga didapatkan fraksi yang lebih kental.

Sintesis Nanopartikel Perak

Sejumlah 10 ml cairan AgNO_3 konsentrasi 1,5 mM ditambahkan dengan bioreduktor fraksi air rimpang temu kunci sebanyak 10 ml perbandingan (1:1) dan ditambahkan dengan beberapa tetes NaOH. Kemudian campuran reaksi diaduk dengan stirrer dengan suhu ruang selama 60 menit hingga larutan berubah warnanya.

Karakterisasi Nanopartikel Perak Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis

Larutan yang telah dihasilkan pada proses sintesis dikarakterisasi dengan spektrofotometri UV-Vis dalam serapan gelombang sepanjang 300-700 nm guna menentukan serapan maksimum di mana reduksi ion Ag terjadi (Nalawati *et al.*, 2021). Gelombang maksimal yang menandakan adanya nanopartikel yaitu antara 400-500 nm.

Karakterisasi Particle Size Analyzer

Guna memperoleh informasi terkait ukuran partikel serta distribusi partikel dari nanopartikel yang dihasilkan, maka dilakukan analisis dengan PSA (*Particle Size Analyzer*) (Asri *et al.*, 2022). Sampel larutan nanopartikel perak

dituangkan ke dalam kuvet kemudian dianalisis menggunakan alat *Particle Size Analyzer*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rendemen Ekstrak Rimpang Temu Kunci Metode UAE

Rendemen ekstrak yang diperoleh dari proses ekstraksi pada tabel 1. adalah 11,16%. Mengacu pada persyaratan rendemen ekstrak kental yang mensyaratkan bobot lebih dari 10%, sehingga hasil tersebut dinyatakan telah memenuhi syarat.

Tabel 1. Hasil Rendemen Ekstrak Rimpang Temu Kunci

Bahan	Bobot Serbuk (g)	Bobot Ekstrak (g)	Rendemen (%)
Rimpang Temu Kunci	100	11,16	11,16

Diperoleh sejumlah 11,61% rendeman dari hasil mengekstraksi rimpang temu kunci menggunakan etanol. Rendemen didefinisikan sebagai jumlah ekstrak yang diperoleh dari suatu proses ekstraksi tanaman (Warnis *et al.*, 2021). Efektivitas proses ekstraksi sangat memengaruhi perolehan tingkat rendemen. Nilai rendemen yang diperoleh dapat disebabkan oleh faktor lama waktu ekstraksi, di mana semakin panjang durasi ekstraksi umumnya juga membuat rendemen yang dihasilkan menjadi lebih besar. Yang mana kontak antara bahan dengan pelarut akan berlangsung lebih intens jika durasi ekstraksinya juga makin panjang, sehingga meningkatkan kelarutan senyawa aktif dan mendorong tercapainya titik jenuh larutan (Khoiriyah *et al.*, 2024).

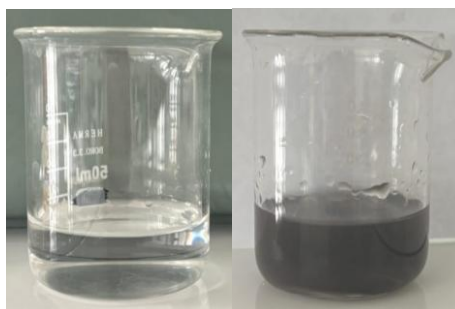
Hasil Fraksi Air dengan Metode Fraksinasi Cair-Cair bertingkat

Proses fraksinasi ekstrak etanol rimpang temu kunci menghasilkan fraksi air berupa cairan bening dengan volume 100 mL. fraksi tersebut selanjutnya digunakan sebagai agen bioreduktor pada tahap sintesis AgNP. Fraksinasi bertujuan untuk memperoleh fraksi yang mengandung senyawa target dengan kemurnian lebih tinggi. Tahap fraksinasi dilakukan secara bertingkat hingga tahap akhir diperoleh fraksi air yang bersifat polar. Pelarut air memiliki konstanta dielektrik yang cukup besar, yaitu sekitar 70–80, yang menunjukkan tingkat kepolaran tinggi. Dengan demikian, pelarut air efektif digunakan untuk mengekstraksi senyawa metabolit sekunder yang bersifat polar, seperti flavonoid, sehingga fraksi air yang diperoleh memiliki potensi dalam proses sintesis AgNP (Khaerunnisa *et al.*, 2022).

Sintesis Nanopartikel Perak

Hasil pembentukan nanopartikel ditunjukkan pada indikator perubahan pada warna larutan yang ditunjukkan pada Gambar 1. Perubahan yang terjadi

yaitu ketika awal sintesis berwarna bening kemudian pada waktu proses sintesis berjalan dan setelah penambahan NaOH menjadi berwarna kehitaman.



Gambar 1. Perubahan Warna Larutan AgNP

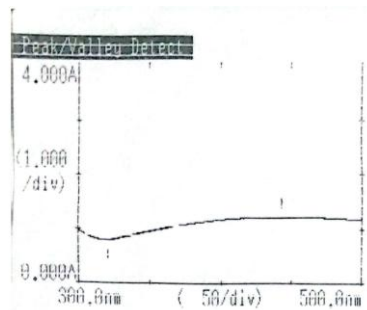
Pembentukan nanopartikel perak dikonfirmasi melalui uji kualitatif dengan mengamati pada perubahan warna yang terbentuk terhadap larutan campuran AgNO_3 dan fraksi air, berawal warna kuning pada awal pencampuran menjadi coklat kehitaman setelah pengadukan selama 60 menit. Indikator perubahan warna terjadi akibat dari reaksi reduksi yang mengubah dari Ag^+ menjadi Ag^0 sehingga dapat terbentuk AgNP (Mulyana *et al.*, 2024). Reaksi tersebut ditunjukkan adanya faktor dari senyawa pada tanaman yang berperan sebagai bioreduktor (Mondal, 2021; Jaast & Grawal, 2021).

Intensitas warna yang semakin pekat mengindikasikan peningkatan jumlah senyawa organik yang mengalami oksidasi, yang secara simultan mencerminkan semakin banyaknya ion Ag^+ yang tereduksi menjadi Ag^0 . Dengan demikian, semakin pekat warna larutan, maka semakin besar pula jumlah nanopartikel perak yang berhasil terbentuk (Sumaiti *et al.*, 2018).

Penambahan NaOH juga menjadi indikator perubahan warna ketika proses reaksi untuk membuat suasana larutan menjadi basa. Nanopartikel perak dapat terbentuk dalam kondisi pH basa karena gugus hidroksi dan gugus karboksilat dari turunan asam benzoat mengalami deprotonasi, sehingga menghasilkan muatan negatif. Muatan negatif ini meningkatkan kemampuan gugus tersebut untuk berikatan dengan ion logam (Mrazikova *et al.*, 2018).

Hasil Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis

Terbentuknya nanopartikel perak dapat dikonfirmasi melalui spektrum serapan maksimal pada kisaran 400-500 nm. Hasil karakterisasi spektrofotometri UV-Vis terhadap nanopartikel perak dengan fraksi air diperoleh panjang gelombang maksimal 443 nm berikut.



Gambar 2. Hasil Spektra AgNP

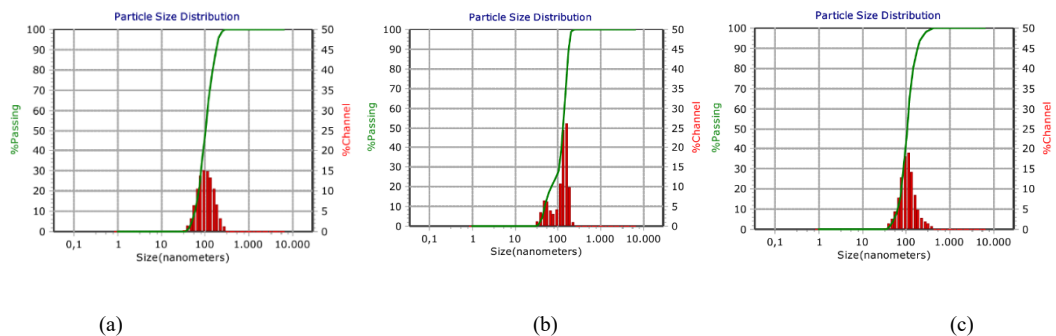
Reaksi antara fraksi air dan perak nitrat dipantau oleh spektrum UV tampak nanopartikel perak. Proses sintesis AgNP teridentifikasi melalui spektrofotometri UV-Vis, yang menunjukkan serapan maksimum dalam rentang 400-500 nm (Massardi *et al.*, 2023). Serapan panjang gelombang maksimum berfungsi sebagai indikator terhadap ukuran partikel AgNP yang terbentuk. Penurunan panjang gelombang maksimal yang dihasilkan berkaitan dengan terbentuknya partikel berukuran lebih kecil (Ariani *et al.*, 2022). Hasil spektrum UV-Vis terhadap nanopartikel perak, dibaca pada kisaran 300-500 nm dan diperoleh puncak serapan panjang gelombang maksimal 443 nm yang mengkonfirmasi pembentukan nanopartikel perak adanya *surface plasmon resonance* (Handoko *et al.*, 2022). Hasil tersebut menunjukkan bahwa ion Ag^+ telah tereduksi menjadi Ag^0 . Ketika nanopartikel perak mulai terbentuk, absorbansi yang meningkat dengan bertambahnya waktu kontak mengindikasikan akumulasi nanopartikel perak yang lebih tinggi (Haryani *et al.*, 2016).

Hasil Karakterisasi Menggunakan *Particle Size Analyzer*

Hasil dari menganalisis ukuran partikel dengan PSA menunjukkan hasil yang sesuai ukuran nanopartikel yang berkisar antara 1-100 nm, sebagai berikut.

Tabel 2. Uji Karakterisasi PSA

No.	Pengujian	Replikasi			Hasil (Rerata $\pm$ SD)
		R1	R2	R3	
1.	Ukuran partikel	93,30	99,30	97,60	96,73 $\pm$ 3,09 nm
2.	Indeks polidispersitas	0,16	0,18	0,12	0,16 $\pm$ 0,03
3.	Zeta potential	3,90	1,90	5,90	3,90 $\pm$ 2,00 mV



Gambar 3. (a) Replikasi 1 AgNP fraksi air (b) Replikasi 2 AgNP fraksi air (c) Replikasi 3 AgNP fraksi air

Instrumen analitik yang dimanfaatkan guna menghitung zeta potensial pada nanopartikel perak, indeks polidispersitas, serta ukuran partikel yakni *Particle Size Analyzer* (PSA). Dan data hasil tersebut dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali yang hasil rata-ratanya disajikan pada Tabel 1. Umumnya ukuran partikel nanopartikel perak berkisar antara 1-100 nm (Latumakulita & Suparno, 2022). Berdasarkan hasil analisis AgNP fraksi air diperoleh rata-rata ukuran partikel $96,73 \pm 3,09$ nm. Hasil ukuran partikel tersebut masih tergolong ukuran nanopartikel, namun pada panjang gelombang 423-441 nm, partikel yang terbentuk biasanya berukuran antara 50-60 nm (Dwistika, 2018). Hal tersebut dikarenakan pada pengukuran PSA partikel terdispersi dalam medium, dimana pada saat pengukuran peluang terjadinya penyatuan partikel kecil sangat besar, sehingga ukuran yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan ukuran nanopartikel akibat adanya aglomerasi (Fabiani & Sari, 2020).

Hasil indeks polidispersitas (PDI) diperoleh dengan rata-rata $0,159 \pm 0,030$. Dimana indeks polidispersitas (PDI) menunjukkan distribusi ukuran partikel, partikel dengan nilai PDI mendekati 0 atau $<0,5$ menunjukkan bahwa ukuran partikel tersebar secara merata atau bersifat homogen. Sebaliknya apabila PDI lebih dari 0,5 maka hal tersebut menunjukkan adanya variasi diameter partikel yang tinggi atau bersifat tidak homogen (Danaei *et al.*, 2018). Hasil PDI yang diperoleh tersebut menunjukkan bahwa ukuran partikel yang diperoleh bersifat homogen dan tersebar secara merata. Selanjutnya hasil zeta potensial yang digunakan sebagai parameter untuk mengidentifikasi muatan permukaan partikel yang menentukan interaksi elektrostatis antar partikel (Metwally & Stachwicz, 2019). Nilai zeta potensial yang dihasilkan pada AgNP fraksi air yaitu sebesar $3,9 \pm 2$ mV. Nanopartikel dianggap stabil apabila memiliki nilai zeta potensial melebihi ± 30 mV. Perolehan zeta potensial yang tinggi diperlukan untuk mencegah terjadinya gaya tarik-menarik yang dapat mengakibatkan agregasi antar partikel perak, dengan demikian parameter ini bisa dimanfaatkan guna merepresentasikan tingkat kestabilan suatu

nanopartikel. Hasil zeta potensial dari penelitian ini berada di bawah 30 mV mengindikasikan adanya interaksi tarik-menarik antar partikel yang cukup besar sehingga berpotensi mengalami aglomerasi.

KESIMPULAN

Didasarkan studi yang telah diselenggarakan dengan karakterisasi spektrofotometri UV-Vis, diperoleh 443 nm selaku panjang gelombang maksimalnya diperoleh sebesar $96,73 \pm 3,09$ nm untuk ukuran *particle size analyzer*-nya yang menunjukkan bahwa fraksi air rimpang temu kunci efektif berperan sebagai bioreduktor terhadap sintesis nanopartikel perak.

SARAN

Berdasarkan penelitian fraksi air rimpang temu kunci memiliki peran sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel perak. Meskipun demikian penelitian ini masih memiliki keterbatasan sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya menambahkan metode stabilisasi, sehingga nanopartikel perak yang dihasilkan lebih stabil dan tidak mudah teragregasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ungkapan terima kasih diberikan oleh peneliti pada Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang serta IOM atas dukungan berupa dana insentif yang telah diberikan guna menunjang pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi yang sama juga peneliti sampaikan pada semua pihak yang sudah memberi kontribusi dalam bentuk bantuan dan dukungan mulai dari saat penelitian dilangsungkan hingga saat penyusunan artikel, sehingga karya ini dapat diselesaikan dan dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeny, D., & IFM, R. (2017). Aktivitas antioksidan ekstrak biji alpukat (*persea americana* mill.) yang disalut dengan nanokitosan. *J Ilmu Dan Teknol Pangan*, 5(2), 1.
- Ariani Edityaningrum, C., Oktafiani, A. T., Widiyastuti, L., & Arimurni, D. A. (2022). Formulation and Evaluation of Silver Nanoparticles Gel. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology Journal Homepage*, (2).
- Asri, M., Auliah, N., & Ashari, A. T. (2022). Sintesis Nanopartikel Perak dengan Air Rebusan Daun Pegagan (*Centella asiatica* L.) dan Uji Aktivitas dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*, 26(2), 88-91.
- Danaei, M. R. M. M., Dehghankhold, M., Ataei, S., Hasanzadeh Davarani, F., Javanmard, R., Dokhani, A., ... & Mozafari, Y. M. (2018). Impact of

- particle size and polydispersity index on the clinical applications of lipidic nanocarrier systems. *Pharmaceutics*, 10(2), 57.
- Dona, R., Furi, M., & Suryani, F. (2020). Penentuan Kadar Total Fenolik, Total Flavonoid Danuji Aktivitas Antioksidan Dari Ekstrak Dan Fraksi daun Karamunting (*Rhodomirtus tomentosa* (Aiton) Hassk). *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 9(2), 71-78.
- Dwistika, R. (2018). Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Produksi Dengan Teknik Elektrolisis Berdasarkan Uji Spektrofotometer UV-Vis dan Particle Size Analyzer (PSA). *Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Fabiani, V. A., & Sari, F. I. P. Synthesis of Nano Silver From *Melastoma malabathricum* Leaf Extracts Modified PVA and its Antibacterial Activity Test. *Jurnal Berkala Ilmiah Sains dan Terapan Kimia*, 17(2), 49-55.
- Fajri, N., Putri, L. F. A., Prasetio, M. R., Azizah, N., Pratama, Y., & Susanto, N. C. A. (2022). Potensi Batang Pisang (*Musa paradisiaca* L) sebagai bioreduktor dalam Green Sintesis Ag nanopartikel. *Jurnal Penelitian Sains*, 24(1), 33-37.
- Handayani, S. W., et al. (2020). Uji Efikasi Nano insektisida Komposisi Perak Tembakau (*Nicotiana tabacum*) terhadap *Aedes aegypti*. *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, 30(1), 55-64.
- Handoko, V., Yusradinan, A., Nursyahid, A., Wandira, A., & Wulandari, A. P. (2022). Green Synthesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Rami (*Boehmeria nivea*) Melalui Iradiasi Microwave. *Chimica et Natura Acta*, 10(1), 15-21.
- Haryani, Y., Kartika, G. F., Yuharmen, Y., Putri, E. M., Alchalish, D. T., & Melanie, Y. (2016). Pemanfaatan Ekstrak Air Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Linn. var. *rubrum*) Pada Biosintesis Sederhana Nanopartikel Perak. *Chimica et Natura Acta*, 4(3), 151-155.
- Jaast, S., & Grewal, A. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles, characterization and evaluation of their photocatalytic dye degradation activity. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100195.
- Khaerunnisa, N., Saraswati, I., & Sasikirana, W. (2022). Kandungan Total Fenolik Ekstrak Metanol Buah Leunca (*Solanum nigrum* L.) dan Fraksi-fraksinya. *Generics: Journal of Research in Pharmacy*, 2(2), 86-92.
- Khoiriyah, M. E., Widiyana, A. P., & Novita, D. (2024). Uji In Vitro Efektivitas Antibakteri Ekstrak Daun Lempuyang Gajah (*Zingiber zerumbet* L.) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Bio Komplementer Medicine*, 10(2).
- Landaita, M. S., Bintari, Y. R., & Widiyana, A. P. (2024). Hubungan Kuantitatif Struktur-Properti (HKSP) dari Analog Pinocembrin sebagai Antikanker

- Payudara pada Reseptor Progesteron. *Jurnal Bio Komplementer Medicine*, 11(1).
- Latumakulita, I. I., & Suparno, S. (2022). Characterization of silver nanoparticle electrolysis method with UV-vis spectrometer, atomic absorption spectrophotometer, and particle size analyzer. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 5(1), 42-52.
- Massardi, A., *et al.* (2023). Sintesis nanopartikel perak dengan *Punica granatum* L. dan uji aktivitasnya pada *Staphylococcus aureus* dan *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA). *Jurnal Biologi Udayana*, 27(1), 35-45.
- Metwally, S., & Stachewicz, U. (2019). Surface potential and charges impact on cell responses on biomaterials interfaces for medical applications. *Materials Science and Engineering: C*, 104, 109883.
- Mondal, M. (2021). Green Synthesis of Silver Nanoparticles using Azadirachta Indica Leaf Extract for the Application in Cotton Fibres as Antibacterial Coatings.
- Mražíková, A., Velgosová, O., Kavuličová, J., Matvija, M., Čížmárová, E., & Willner, J. (2018). Characteristics of Silver Nanoparticles in Different PH Values. *Archives of Metallurgy and Materials*, 63(2), 993-998.
- Mulyana, S. D., Sari, R., & Rijal, A. S. (2024). Green Synthesis of Silver Nanoparticles with Bioreductant from Lime Juice Powder (*Citrus aurantifolia*): Effect of Concentration and pH. *Indonesian Journal of Chemistry*, 24(5), 1445-1455.
- Nalawati, A. N., Suyatma, N. E., & Wardhana, D. I. (2021). Sintesis Nanopartikel Perak (Npag) Dengan Bioreduktor Ekstrak Biji Jarak Pagar Dan Kajian Aktivitas Antibakterinya. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 32(2), 98-106.
- Nanda, Y. A. T. (2023). Kajian Pustaka Sintesis Nanopartikel Perak dari Berbagai Tanaman Nusantara dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri. *Majalah Farmaseutik*, 19(3), 459-467.
- Prasetyaningtyas, T., Prasetya, A. T., & Widiarti, N. (2020). Sintesis nanopartikel perak termodifikasi kitosan dengan bioreduktor ekstrak daun kemangi (*Ocimum basilicum* L.) dan uji aktivitasnya sebagai antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(1), 37-43.
- Siddiqui, T., *et al.* (2023). Synthesis and characterization of silver nanoparticles (AgNPs) using chemico-physical methods. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, 6(2), 124-132.
- Sumaiti, T., Ratnasari, D., & Mutiani, D. D. (2018). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L.) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmamedika (Pharmamedika Journal)*, 3(1), 27-33.

- Suryadi, Y., Susilowati, D. N., & Made-Samudra, I. (2022). Biosintesis nanopartikel perak (AgNP) menggunakan *Bacillus firmus* E65 dan aktivitasnya terhadap mikrobapatoogen. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(2), 197-205.
- Trinanda, R., Sundaryono, A., & Handayani, D. (2019). Pembuatan Nanopartikel-Perak Ekstrak Daun Ubi Jalar Orange (*Ipomoea Batatas* L.) Dengan Metode Bioreduksi Dan Uji Aktivitas Terhadap Jumlah Trombosit Mus musculus. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 3(1), 76-81.
- Warnis, M., Rulianti, M. R., & Salsabila, J. (2021). Pemeriksaan rendemen, kadar sari larut air, dan kadar sari larut etanol dari ekstrak batang Brotowali. *Jurnal Kesehatan Farmasi*, 118-123.
- Yasser, M., & Widiyanti, S. E. (2019). Pengaruh Waktu Terhadap Kestabilan Nanopartikel Emas yang Disintesis Menggunakan Ekstrak Air Daun Jati (*Tectona Grandis*) Termodifikasi Mercaptopropionic. *Makassar: INTEK Jurnal Penelitian*, 6(1), 43-45.