

PRODUKSI NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN INFUSA RIMPANG LAKKA - LAKKA (*Curculigo orchoides* Gaertn.) SEBAGAI BIO-REDUCTOR VARIASI KONSENTRASI $AgNO_3$ DAN WAKTU REDUKSI

Jainer Pasca Siampa¹, Jesi Febriani Tiku², Aisyah Fatmawaty³, Andi Arjuna³

¹Program Studi Farmasi, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi Manado, Manado

²Program Studi Sarjana Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Makassar, Makassar

³Program Studi Sarjana Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Hasanuddin, Makassar

ABSTRAK

Nanopartikel perak dapat disintesis dengan metode fisika dan kimia. Namun karena toksik dan tidak ramah lingkungan, pemanfaatan tanaman sebagai bioreduktor menjadi pilihan utama. Pada penelitian ini, sari infusa rimpang lakka-lakka digunakan sebagai bioreduktor pada biosintesis nanopartikel perak. Nanopartikel perak telah diproduksi dengan variasi konsentrasi $AgNO_3$ 1, 3, dan 5 mM dan waktu reduksi 0, 15, 45, 60, dan 90 menit untuk mengevaluasi kondisi optimum pada produksi nanopartikel perak. Berdasarkan hasil yang teridentifikasi dari spektra UV-Vis, nanopartikel perak dapat diproduksi pada semua kondisi reaksi. Namun pada konsentrasi 5 mM dan waktu reduksi 45 menit, nukleasi nanopartikel perak lebih awal terbentuk dibandingkan dengan yang lain.

Kata Kunci :

nanopartikel perak, bioreduktor, lakka-lakka (*Curculigo orchoides* Gaertn.)

PENDAHULUAN

Nanopartikel merupakan material yang sangat kecil dengan ukuran kurang dari 100 nm¹. Nanopartikel ini dapat berupa logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, material karbon, dan senyawa organik². Beberapa waktu belakangan ini, nanopartikel telah menjadi salah satu topik penelitian yang menarik untuk diteliti, termasuk pada nanopartikel logam. Salah satunya adalah nanopartikel perak (AgNPs). Nanopartikel perak ini memiliki karakteristik yang lebih baik karena ukuran yang lebih kecil bila dibandingkan dengan bentuk bulknya. Nanopartikel perak dapat diperoleh melalui beberapa proses sintesis yaitu secara fisika dan kimia. Metode fisika dilakukan dengan mereduksi padatan logam perak menjadi partikel secara mekanik, sedangkan metode kimia yaitu dengan melarutkan ion logam dan menambahkan agen penstabil serta pereduksi ke dalam campuran larutan. Kedua metode ini dapat menimbulkan permasalahan karena konsumsi energi yang cukup tinggi serta penggunaan bahan-bahan kimia reaktif yang dapat menghasilkan limbah berbahaya sehingga berpotensi untuk menimbulkan resiko bagi lingkungan dan makhluk hidup, sehingga mulailah dikenal metode penyiapan biosintesis yang merupakan metode ramah lingkungan agar dapat meminimalisir penggunaan bahan-bahan anorganik yang berbahaya yaitu dengan menggunakan metode biologis³.

Metode biologis merupakan cara untuk memperoleh nanopartikel dengan memanfaatkan agen biologi berupa senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam suatu organisme sehingga dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel yang ramah lingkungan. Agen biologi akan berperan sebagai bahan pereduksi, penstabil, ataupun keduanya pada proses pembentukan nanopartikel. Pada prinsipnya, metode biologis ini memanfaatkan tumbuhan dan mikroorganisme dalam preparasi nanopartikel perak^{4,5}.

Penggunaan mikroorganisme sebagai agen pereduksi membutuhkan waktu reaksi yang cukup lama melalui proses intraseluler, sedangkan penggunaan ekstrak tanaman sebagai agen pereduksi telah dilaporkan membutuhkan waktu reaksi yang lebih singkat, sederhana, dan relatif lebih murah, dengan demikian pemilihan ekstrak tumbuhan lebih banyak digunakan^{6,7,8}.

Pada penelitian ini telah dilakukan upaya produksi nanopartikel perak dengan menggunakan infusa rimpang lakka-lakka (*Curculigo orchoides* Gaertn.). Lakka-lakka tumbuh di tempat dengan ketinggian 6000mdpl, memiliki rimpang dengan panjang 2,5- 5cm yang berbentuk silinder, lurus dengan sedikit melengkung dan permukaan luarnya berwarna kehitaman^{9,10}. Kandungan senyawa antioksidan pada lakka-lakka diduga dapat menjadi bioreduktor¹¹ dengan memperkirakan mekanisme reaksi yang terjadi ialah gugus hidroksil (-OH) pada senyawa antioksidan akan menyumbangkan elektron kepada Ag^+ agar terbentuk Ag^0 . Dalam penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi $AgNO_3$ dan waktu reduksi untuk mengetahui pada konsentrasi berapa $AgNO_3$ dapat tereduksi oleh sari infusa rimpang lakka-lakka dan berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh sari infusa rimpang lakka-lakka untuk dapat mereduksi $AgNO_3$ menjadi nanopartikel perak, selanjutnya hasilnya akan dikarakterisasi dengan spektrofotometri UV-Visibel.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat-alat gelas seperti erlenmeyer (Pyrex®), gelas kimia (Pyrex®), gelas ukur (Pyrex®), labu ukur (Pyrex®), dan pipet volume, panci infusa, Spektrofotometer UV-Visibel

Masuk 24-11-2020

Revisi 28-11-2020

Diterima 28-11-2020

DOI: 10.20956/mff.v24i3.11965

Korespondensi

Jainer Pasca Siampa

jainerpsampa@unsrat.ac.id

Copyright

© 2020 Majalah Farmasi

Farmakologi Fakultas Farmasi ·
Makassar

Diterbitkan tanggal

30 Desember 2020

Dapat Diakses Daring Pada:

<http://journal.unhas.ac.id/index.php/mff>



(Shimadzu UV 1800®), thermometer, timbangan analitik (Mettler Toledo®).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain AgNO_3 , aquadest, rimpang lakka-lakka, dan kertas saring Whatman® No 1.

Penyiapan Sampel

Rimpang lakka-lakka yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan sortasi basah untuk memisahkan rimpang dari bahan-bahan pengotor yang ikut menempel, kemudian dicuci dengan air mengalir hingga bersih. Selanjutnya dilakukan perajangan untuk memperkecil ukuran rimpang. Setelah itu dilanjutkan dengan sortasi kering untuk memisahkan rimpang yang mungkin telah mengalami kerusakan setelah proses pencucian dan perajangan. Sebanyak 400 g rimpang lakka-lakka dibuat infusa dengan menambahkan aquadest 800 mL dalam panci infusa selama 15 menit pada suhu 90°C , kemudian disaring saat masih panas menggunakan kain flanel, sari (filtratnya) diambil untuk digunakan dalam proses pembuatan nanopartikel perak.

Penyiapan Larutan AgNO_3

Larutan stok AgNO_3 dibuat dengan variasi konsentrasi 5 mM, 3 mM, dan 1 mM dengan melarutkan sebanyak 0,425 g serbuk AgNO_3 dengan aquadest dalam gelas kimia, diaduk hingga larut dan dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL, tambahkan aquadest hingga tanda batas kemudian dihomogenkan untuk mendapatkan larutan stok AgNO_3 5 mM. Larutan kemudian diencerkan untuk memperoleh larutan AgNO_3 3 mM dan 1 mM₄.

Pembuatan Nanopartikel Perak

Dalam penelitian ini dilakukan dua modifikasi untuk mengetahui peran infusa lakka-lakka sebagai bioreduktor yakni berdasarkan variasi konsentrasi AgNO_3 dan parameter waktu inkubasi sampel. Dibuat tiga variasi konsentrasi AgNO_3 1 mM, 3 mM, dan 5 mM (Tabel 1) serta waktu inkubasi yang digunakan ialah 0 menit, 15 menit, 45 menit, 60 menit, dan 90 menit (Tabel 2). Pengaruh variasi konsentrasi AgNO_3 dilakukan dengan mencampur larutan stok AgNO_3 dan filtrat infusa rimpang lakka-lakka, kemudian ketiga campuran larutan ini dibiarkan pada suhu ruangan. Sebagai indikator telah terbentuknya nanopartikel perak, maka diamati adanya perubahan warna larutan menjadi warna kekuningan hingga cokelat. Selanjutnya koloid nanopartikel perak dikarakterisasi menggunakan spektrofotometri UV-Visibel. Untuk parameter waktu inkubasi dilakukan dengan mencampur larutan stok AgNO_3 dan filtrat infusa lakka-lakka, kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada waktu 0 menit, 15 menit, 45 menit, 60 menit, dan 90 menit.

Karakterisasi Fisik Nanopartikel

Warna

Pengaruh waktu kontak terhadap pembentukan nanopartikel perak dapat ditunjukkan dengan melihat warna larutan dari waktu ke waktu. Sampel A, B, dan C yang terdiri dari larutan stok AgNO_3 1 mM, 3 mM, dan 5 mM masing-masing sebanyak 20 mL dan infusa rimpang lakka-lakka 1 mL diamati perubahan warna. Indikator telah terbentuknya nanopartikel perak ialah terjadi perubahan warna larutan dari bening menjadi kuning kecokelatan.

Analisis Pembentukan Nanopartikel Perak dengan Spektrofotometri UV-Visible

Karakterisasi hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Instrumen spektrofotometer UV-Vis juga distandardisasi dengan menggunakan blanko. Blanko yang digunakan adalah larutan sari infusa rimpang lakka-lakka yang tidak ditambahkan AgNO_3 . Setelah itu dilakukan pemindaian larutan sampel pada rentang panjang gelombang yang sama. Pembentukan nanopartikel perak dapat dikonfirmasi dengan adanya serapan maksimum pada panjang gelombang 395-515 nm⁷.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Upaya produksi nanopartikel perak (AgNPs) menggunakan tumbuhan sebagai agen pereduksi telah banyak dilakukan. Bagian tumbuhan yang dapat digunakan adalah daun^{6,14}, buah¹⁵, ataupun biji^{16,17}. Penelitian ini telah dilakukan sintesis AgNPs menggunakan campuran variasi konsentrasi larutan stok AgNO_3 dengan sari infusa rimpang lakka-lakka (*Curculigo orchioides Gaertn.*) sebagai bioreduktor dengan memvariasikan waktu reduksinya. Parameter keberhasilan produksi nanopartikel perak dilihat berdasarkan terjadinya perubahan warna menjadi kuning hingga kuning kecokelatan seiring bertambahnya waktu reduksi yang selanjutnya dievaluasi dengan menggunakan spektrofotometri UV-Visibel untuk mengetahui nilai panjang gelombang maksimum (λ_{max}) dan absorbansinya.

Tabel 1. Variasi konsentrasi AgNO_3 pada produksi Nanopartikel Perak

Sampel	Volume Filtrat Rebusan Lakka-lakka (1ml)	AgNO_3
A	0,2%	1 mM
B	0,2%	3 mM
C	0,2%	5 mM

Rimpang lakka-lakka segar dicuci bersih dan dirajang menjadi rimpang lakka-lakka dengan ukuran yang lebih kecil. Rimpang lakka-lakka selanjutnya disiapkan untuk proses infusa. Penelitian ini dilakukan dua modifikasi untuk mengetahui peran sari infusa rimpang lakka-lakka sebagai bioreduktor, yakni berdasarkan pada pengaruh variasi konsentrasi AgNO_3 dan pengaruh waktu reduksi. Hal ini bertujuan untuk melihat pada konsentrasi berapa AgNO_3 dapat tereduksi menjadi nanopartikel perak dan berapa waktu yang dibutuhkan sari infusa rimpang lakka-lakka untuk mereduksi AgNO_3 menjadi nanopartikel perak. Variasi konsentrasi AgNO_3 yang digunakan ialah 1 mM (A), 3 mM (B), 5 mM (C), sedangkan pengaruh waktu reduksi yang digunakan ialah 0, 15, 45, 60, dan 90 menit.

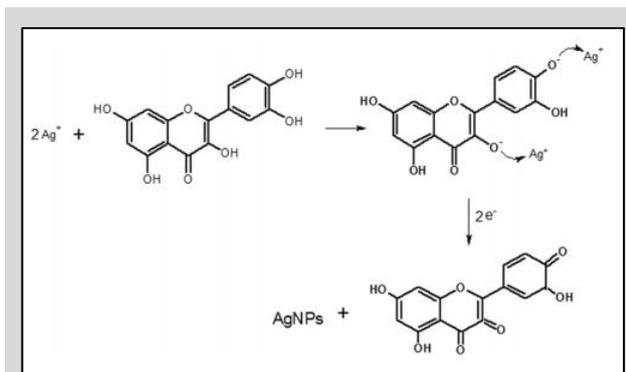
Modifikasi pertama dalam penelitian ini ialah produksi nanopartikel perak menggunakan pengaruh variasi konsentrasi AgNO_3 . Diawal pencampuran larutan AgNO_3 dengan sari infusa rimpang lakka-lakka menghasilkan larutan berwarna bening. Seiring bertambahnya waktu, warna larutan menjadi kuning hingga kuning kecokelatan. Perubahan warna dari bening menjadi kuning kecokelatan ini menjadi salah satu indikator telah terbentuknya nanopartikel perak yang menandakan adanya proses reduksi ion perak dalam campuran larutan tersebut³. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, kandungan senyawa metabolit sekunder seperti senyawa antioksidan pada suatu tanaman berperan sebagai reduktan dalam proses reduksi, diantaranya ialah senyawa terpenoid golongan citroneolol dan geraniol, flavonoid, serta keton, aldehida, amida, dan

asam karboksilat. Beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai rimpang lakka-lakka menunjukkan bahwa rimpang lakka-lakka memiliki senyawa-senyawa antioksidan yang kuat seperti flavonoid dan tanin. Hal inilah yang mendasari untuk memilih menggunakan rimpang lakka-lakka sebagai bioreduktor.

Tabel 2. Modifikasi Waktu reduksi dan konsentrasi AgNO₃ pada Produksi Nanopartikel Perak

Sample	Volume Filtrat Rebusan Lakka-lakka (1ml)	AgNO ₃ (20 ml)	Waktu Reduksi (Menit ke-)
A	0,2%	1 mM	0, 15, 30, 45, 60, 90
B	0,2%	3 mM	0, 15, 30, 45, 60, 90
C	0,2%	5 mM	0, 15, 30, 45, 60, 90

Belum ada literatur yang secara rinci yang menjelaskan mekanisme reduksi favonoid dan stabilisasi AgNPs. Mekanisme pembentukan nanopartikel terdiri dari tiga tahap: reduksi ion, pengelompokan, dan pertumbuhan nanopartikel lebih lanjut. Fitur masing-masing tahapan tergantung pada sifat zat pereduksi, konsentrasi, pH, dan konsentrasi AgNO₃ sebagai zat pereduksi. Menurut beberapa peneliti, gugus -OH yang ada dalam flavonoid yang kemungkinan bertanggung jawab atas reduksi ion perak menjadi AgNPs. Ada kemungkinan bahwa transformasi tautomerik flavonoid dari bentuk enol menjadi bentuk keto dapat melepaskan atom hidrogen reaktif yang mereduksi ion perak menjadi nanopartikel perak. Gambar 1 menunjukkan mekanisme sintesis AgNPs dengan reduksi ion perak favonoid menjadi AgNPs¹⁹.



Gambar 1. Mekanisme Reduksi Ion Perak oleh Senyawa Flavonoid¹⁹

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terlihat perbedaan waktu perubahan warna menjadi kuning kecokelatan, yakni campuran larutan pada sampel A terlihat lebih lambat mengalami perubahan warna bila dibandingkan dengan kedua campuran lainnya yang disajikan dalam tabel 3. Ketika telah terjadi perubahan warna yang menjadi salah satu indikator terbentuknya nanopartikel perak, maka dilakukan evaluasi dengan pengukuran λ_{max} menggunakan spektrofotometri UV-Visibel pada panjang gelombang 400-500 nm. Hal ini dikarenakan pada umumnya nanopartikel perak dapat terbaca pada panjang gelombang 395-515 nm¹².

Tabel 3. Perubahan Warna Sampel pada produksi Nanopartikel Perak

Sample	Perubahan Warna		Time (minute)
	Before	After	
A	Bening	Bening	0
	Bening	Kuning Pucat	10
	Bening	Kuning Kecokelatan	25
	Bening	Kuning Kecokelatan	30
	Bening	Bening	0
B	Bening	Kuning Muda	10
	Bening	Kuning Kecokelatan	25
	Bening	Kuning Kecokelatan	30
	Bening	Bening	0
	Bening	Kuning Muda	10
C	Bening	Kuning Muda	10
	Bening	Kuning Kecokelatan	25
	Bening	Kuning Kecokelatan	30

keterangan: A, B, C adalah konsentrasi AgNO₃ 1mM, 3mM, dan 5mM

Hasil evaluasi yang diperoleh dengan menggunakan spektrofotometri UV-Visibel dapat dilihat pada tabel 4. Ketiga sampel dengan variasi konsentrasi AgNO₃ yang dicampurkan dengan larutan sari infusa rimpang lakka-lakka menghasilkan λ_{max} yang terbaca pada range 400-500 nm. Hal ini telah menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan ialah nanopartikel perak dan membuktikan sari infusa rimpang lakka-lakka berperan sebagai bioreduktor untuk membentuk nanopartikel perak.

Tabel 4. Karakterisasi Pembentukan Nanopartikel Perak dengan Modifikasi Konsentrasi AgNO₃ Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Sample	Volume Filtrat Rebusan Lakka-lakka (1ml)	AgNO ₃	λ_{max} (nm)	Absorbansi
A	0,2%	1 mM	437,60	0,773
B	0,2%	3 mM	439,50	1,235
C	0,2%	5 mM	440,10	1,391

Modifikasi kedua yang dilakukan ialah upaya produksi nanopartikel perak berdasarkan pengaruh waktu reduksi dan menghasilkan data yang tersaji pada tabel 5. Hasil ini menunjukkan bahwa waktu reduksi juga mempengaruhi pembentukan nanopartikel perak dalam larutan. Perlakuan ini bertujuan untuk melihat berapa waktu sari infusa rimpang lakka-lakka untuk mereduksi ion perak menjadi nanopartikel perak dan bagaimana pengaruh dari konsentrasi AgNO₃ yang digunakan. Mula-mula diamati perubahan warna yang terbentuk. Pada waktu menit ke-0 semua larutan sampel (A, B, dan dan C) tampak berwarna bening, keadaan ini terjadi hingga menit ke-15. Pada menit ke-45 sampel B dan C mengalami perubahan menjadi kuning muda, sedangkan sampel A belum mengalami perubahan warna. Hingga menit ke 60 dan 90 sampel B dan C berubah menjadi warna kuning muda yang lebih gelap, sedangkan sampel A mengalami perubahan warna menjadi kuning muda pada menit ke-60, dan pada menit ke-90 menjadi kuning kecokelatan. Warna larutan berubah menjadi lebih gelap seiring bertambahnya waktu. Perubahan ini mengindikasikan semakin banyaknya nanopartikel perak yang terbentuk¹³.

Tabel 5. Karakterisasi Pembentukan Nanopartikel perak dengan modifikasi Waktu Reduksi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Sample	Volume Filtrat Rebusan Lakka-lakka (1ml)	AgNO ₃ (20 ml)	λ_{max} (nm)		Absorbansi			
			Waktu Reduksi (menit ke-)		Waktu Reduksi (menit ke-)			
			45	60	90	45	60	90
A	0,2%	1 mM	-	-	435	-	-	0,26
B	0,2%	3 mM	-	439	629	-	0,36	0,10
C	0,2%	5 mM	400	441	441	0,17	0,36	0,48

Hasil evaluasi berdasarkan warna larutan yang diperoleh dari kedua modifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi AgNO₃ maka semakin cepat perubahan warna larutan, yang artinya semakin cepat pula pembentukan nanopartikel perak. Hal ini disebabkan oleh karena pengaruh jumlah ion perak yang terkandung dalam masing-masing larutan sampel. Pada sampel dengan konsentrasi AgNO₃ yang lebih besar, jumlah ion perak juga semakin besar sehingga lebih cepat tereduksi oleh sari infusa rimpang lakka-lakka.

Pengukuran nanopartikel perak dengan menggunakan instrumen UV-Vis akan menyebabkan terjadinya suatu fenomena eksitasi akibat interaksi antara cahaya dengan nanopartikel dari logam mulia yang disebut dengan fenomena surface plasmon resonance (SPR). Fenomena SPR memiliki hubungan dengan warna larutan nanopartikel perak, dimana fenomena ini bisa terjadi ketika larutan yang menjadi media penyerapan cahaya telah berwarna, keadaan berwarna ini disebabkan oleh karena pembentukan suatu senyawa, dalam

hal ini pembentukan nanopartikel perak. Resonansi plasmon yang terjadi pada akhirnya akan memberi serapan pada pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis.

Berdasarkan hasil pengukuran pada instrumen spektrofotometri UV-Vis yang dihasilkan dari kedua bentuk modifikasi menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi AgNO₃ maka semakin besar pula λ_{max} dan absorbansi yang dihasilkan. Hal ini terjadi dikarenakan pengaruh dari awal terjadinya perubahan warna larutan, dimana larutan yang lebih cepat mengalami perubahan warna ialah larutan sampel C yang menandakan telah lebih dulu terbentuk nanopartikel perak. Pada keadaan ini maka memungkinkan untuk terjadi fenomena SPR pada larutan yang telah berwarna, dengan demikian SPR yang terjadi akan memberi nilai serapan pada λ_{max} dari sampel. Hal ini terjadi oleh karena persentase relatif dari penyebaran atau penyerapan dari spektra yang terukur salah satunya tergantung pada komposisi dari sampel, dimana pada sampel C komposisi ion peraknya lebih banyak bila dibandingkan dengan sampel A dan B sehingga penyerapannya pun lebih besar¹⁸.

Variasi konsentrasi larutan AgNO₃ juga memberikan pengaruh terhadap waktu reduksi yang dibutuhkan oleh bioreduktor. Pada hasil penelitian ini, sampel C (5 mM) lebih cepat tereduksi yaitu pada menit ke-45, sedangkan sampel B (3 mM) mulai tereduksi pada menit ke-60, dan sampel A (1 mM) mulai tereduksi pada menit ke-90. Data ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi AgNO₃ maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan oleh sari infusa rimpang lakka-lakka untuk mereduksi ion perak menjadi nanopartikel perak. Hal ini terjadi oleh karena pada sampel C pembentukan nanopartikel perak lebih cepat. Namun, pembentukan yang lebih cepat ini akan mengakibatkan nanopartikel perak menjadi tidak stabil seiring bertambahnya waktu reduksi, sehingga nanopartikel perak akan teraglomerasi (menggumpal). Ketika hal ini terjadi maka akan mempengaruhi fenomena SPR, yakni SPR akan berpindah ke energi yang lebih rendah dan menyebabkan puncak serapan berpindah pada panjang gelombang yang lebih besar¹⁸.

Tabel 6. Kisaran Ukuran Partikel Berdasarkan Panjang Gelombang³

λ_{max} (nm)	Kisaran ukuran nanopartikel perak (nm)
405	20
410	30
416	40
423	50
441	60
451	70
467	80
493	90
501	100
523	110

Hasil evaluasi berdasarkan warna sampel dan juga panjang gelombang serta absorbansi yang diperoleh dapat dilanjutkan untuk mengetahui diameter ukuran partikel dengan menggunakan alat particle size analyzer (PSA), namun oleh karena keterbatasan alat yang tersedia, maka evaluasi ini tidak dapat dilakukan. Dengan demikian digunakan suatu rujukan berupa asumsi ukuran nanopartikel perak yang dapat dilihat berdasarkan hasil panjang gelombang yang diperoleh (Tabel 6)³. Berdasarkan kisaran nilai panjang gelombang yang diperoleh yakni 435 – 441 nm dan dibandingkan dengan tabel di atas, maka dapat diasumsikan ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan dalam penelitian ini ialah \pm 60 nm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa: Sari infusa rimpang lakka-lakka telah terbukti perannya sebagai senyawa bioreduktor untuk mereduksi AgNO₃ menjadi nanopartikel perak. Semua kondisi variasi konsentrasi AgNO₃ dapat tereduksi oleh sari infusa rimpang lakka-lakka menjadi nanopartikel perak. Waktu yang dibutuhkan oleh sari infusa rimpang lakka-lakka untuk mereduksi AgNO₃ menjadi nanopartikel perak ialah pada menit ke-45 untuk sampel C (5 mM), menit ke-60 untuk sampel B (3 mM), dan menit ke-90 untuk sampel A (1 mM).

DAFTAR PUSTAKA

- Gajbhiye S, Sakharwade S. Silver Nanoparticles in Cosmetics. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications*. 2006; 06(01):48-53. DOI: 10.4236/jcdsa.2016.61007
- Handayani W. Pemanfaatan Tumbuhan Tropis untuk Biosintesis Nanopartikel Perak dan Aplikasinya sebagai Indikator Kolorimetri Keberadaan Logam Berat, Tesis, M.Si., Indonesia University, Jakarta. 2011.
- Bakir. Pengembangan Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Air Rebusan daun Bisbul (*Diospyros blancoi*) untuk Deteksi Ion Tembaga (II) dengan Metode Kolorimetri, Skripsi, S.Si., Indonesia University, Jakarta. 2011
- Payapo IA, Zakir M, Soekamto NH. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) dan Potensinya Sebagai Tabir Surya, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar. 2005
- Thakkar KN, Mhatre S, Parikh RY. Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*. 2009; 6(2):257-262. DOI: 10.1016/j.nano.2009.07.002
- Shankar SS, Rai A, Ahmad A, Sastry M. Rapid synthesis of Au, Ag, and bimetallic Au core-Ag shell nanoparticles using Neem (*Azadirachta indica*) leaf broth. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2004; 275(2):496-502. DOI: 10.1016/j.jcis.2004.03.003
- Lembang EY. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*), Skripsi, S.Si., Hasanuddin University, Makassar. 2013
- Elumalai EK, Prasad TNKV, Nagajyothi PC, David E. A Bird's Eye View on Biogenic Silver Nanoparticles and Their Applications. *Der Chemica Sinica*. 2011; 2(2): 88-97.
- Soni N, Lal VK, Agrawal S, Verma H. Golden Eye Grass – Magical Remedy By Nature. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2012; (8) : 2407-2420. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232
- Tang SY, Whiteman M, Peng ZF, Jenner A, Yong EL, Halliwell B. Characterization of antioxidant and antiglycation properties and isolation of active ingredients from traditional Chinese medicines. *Free Radic Biol Med*. 2004; 36(12):1575-1587. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2004.03.017
- Song JY, Kim BS. Rapid Biological Synthesis of Silver Nanoparticles Using Plant Leaf Extracts. *Bioprocess Biosyst Engineering*. 2008; 32(1) : 79-84. DOI: 10.1007/s00449-008-0024-6
- Masakke Y, Sulfikar, Rasyid M. Biosintesis Partikel-nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia mangostana L.*). *Jurnal Sainsmat*. 2015; Vol.IV, No.1: 28-41. ISSN 2086-6755
- Handayani H, Bakir, Imawan C, Purbaningsih S. Potensi Ekstrak Beberapa Jenis Tumbuhan Sebagai Agen Pereduksi Untuk Biosintesis Nanopartikel Perak Biosintesis Nanopartikel Perak, Seminar Nasional Biologi, Gadjah Mada University, Yogyakarta, 2010; 558-567.
- Philip D. Green Synthesis of Gold & Silver Nanoparticles Using Hibiscus rosa sinensis. *Physica E Low-dimensional System and Nanostructure*. 2010; 42(5) : 1417-1424. DOI: 10.1016/j.physe.2009.11.081
- Jain D, Daima HK, Kachhwala, Kothari SL. Synthesis of Plant Mediated Silver Nanoparticles Using Papaya Fruit Extract and Evaluation of Their Anti Microbial Activities, *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 2009; 4(3): 557-563.
- Kumar V, Yadav SC, Yadav SK. Syzygium cumini leaf and Seed Extract Mediated Biosynthesis of Silver Nanoparticles and Their Characterization. *Journal Chemistry Technology and Biotechnology*. 2010; 85(10): 1-9. DOI: 10.1002/jctb.2427
- Nalawati AN. Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg) Dengan Metode Yang Ramah Lingkungan Dan Kajian Aktifitasnya Dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri Gram Positif Dan Bakteri Gram Negatif. Tesis, M.Si., Bogor Agricultural University, Bogor. 2015

18. Singh R, Wagh P, Wadhvani S, Gaidhani S, Kumbhar A, Bellare J, Chopade BA. Synthesis, Optimization, and Characterization of Silver Nanoparticles from *Acinetobacter calcoaceticus* and Their Enhanced Antibacterial Activity When Combined with Antibiotics. *Int J Nanomedicine*. 2013; 8: 4277-4290. DOI: 10.2147/IJN.S48913
19. Jain S, Mehata MS. Medicinal Plant Leaf Extract and Pure Flavonoid Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles and their Enhanced Antibacterial Property. *Nature Scientific Report*. 2017. 7:15876. DOI : 10.1038/s41598-017-15724-8

Sitasi artikel ini: Siampa JP, Tiku JF, Fatmawaty A, Arjuna A. Produksi Nanopartikel Perak Menggunakan Infusa Rimpang Lakka - Lakka (*Curculigo Orchioides Gaertn.*) Sebagai Bio-Reductor Variasi Konsentrasi AgNO_3 Dan Waktu Reduksi *MFF 2020;24(3):93-97*