Konversi 12(2) (2023) 57-61

KONVERSI
Homepage:
https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/konversi

Biosynthesis of silver nanoparticles (AgNP) using leaves extract of *Jatropha Curcas L.*

Dennis Farina Nury[1,*], Pramahadi Febriyanto[1], Amalia Sekar Arum[1], Sherina Mayastuti[1], Muhammad Zulfikar Luthfi[2]

[1]*Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung 35365, Indonesia*
[2]*Program Studi Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang, Padang 25171, Indonesia*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 02 July 2023
Received in revised form: 15 September 2023
Accepted: 13 October 2023

Keywords:
Reduction method, silver nanoparticle (AgNPs), *Jatropha curcas L.* leaves, green synthesis

ABSTRACT

Due to the increased demand for ecologically friendly material synthesis techniques, biosynthesis of nanoparticles has drawn a lot of attention. It has been claimed that an environmentally benign method for producing silver nanoparticles (AgNPs) efficiently can be achieved utilizing leaves extract of the multifunctional plant Jatropha curcas. Maximum absorption were obtained from different types of solvents, in distilled water resulted at wavelength 428-434, meanwhile in ethanol 96% solvent, maximum absorption was obtained at wavelength 338-340 nm by using UV-Vis spectrophotometer, respectively. The results of FTIR formed on silver nanoparticles are O-H functional groups with distilled water and O-H functional groups, and C-O with 96% ethanol solvent. The particle sizes formed in distilled water and 96% ethanol solvents were 104.6 nm and 110.7 nm respectively with PI values of 0.341 and 0.644. Based on the results, (AgNPs) passes the nanoparticle range caused by agglomeration. It can be interpreted that the results of this synthesis are fine particles.

1. Pendahuluan

Nanoteknologi merupakan salah satu cabang ilmu teknologi yang paling progresif di banyak bidang industri di tingkat atom dan molekuler [1]. Material yang dihasilkan memiliki karakteristik fungsinya dengan ukuran yang kecil. Nanobioteknologi merupakan salah satu disiplin penelitian yang paling menjanjikan yang dapat diterapkan dalam beberapa aplikasi di bidang bioteknologi, kimia, kedokteran, dan ilmu material yang secara keseluruhan membutuhkan logam dalam pembuatannya [2].

Nanopartikel (NP) digunakan sebagai baku utama yang digunakan dalam nanoteknologi dengan ukuran partikel 1-100 nm [3]. Dalam fabrikasi NP terdapat beberapa bahan logam yang dapat digunakan diantaranya emas, nikel, besi dan perak [4] dimana logam-logam tersebut memiliki sifat atau kemampuan listrik magnetik dan optiknya yang unggul [1]. Nanopartikel emas (AuNP) banyak digunakan dalam diagnostik dan sediaan obat-obatan di negara seperti India dan Cina [5]. Nanopartikel nikel (NiNP) dan tembaga (CuNP) diselidiki untuk berbagai aplikasi anti-bakteri [6, 7]. Nanopartikel besi (FeNP) merupakan jenis nanomaterial yang digunakan secara luas dalam aplikasi terapeutik dan lingkungan [8]. Nanopartikel perak (AgNP) merupakan partikel berukuran nano yang paling sering digunakan dalam berbagai disiplin ilmu nanoteknologi terutama dalam aplikasi biomedis, selain itu dapat digunakan dalam aplikasi seperti katalisis, elektronik, optik, lingkungan, dan bioteknologi.

Sintesis nanopartikel hijau telah mendapat perhatian yang cukup besar karena meningkatnya kebutuhan untuk mengembangkan teknologi ramah lingkungan menggunakan material nano yang telah disintesis. Sintesis nanopartikel hijau adalah proses yang menghubungkan bioteknologi tanaman dengan nanoteknologi [9]. Ekstrak tanaman mengandung metabolit seperti gula, polifenol, terpenoid, alkaloid dan fenolat yang membantu dalam reduksi ion logam menjadi nanopartikel. Keuntungan utama dari biosintesis nanopartikel dibandingkan dengan proses konvensional dan metode kimia atau fisika karena sifatnya yang ramah lingkungan, menghemat biaya untuk utilisasi serta metodologi produksi yang sangat aman [4,10].

Salah satu nanopartikel yang dapat disintesis menggunakan metode reduksi adalah nanopartikel perak (AuNP) menggunakan larutan perak nitrat ($AgNO_3$) sebagai prekursor dan tanaman sebagai pereduksi. Ekstrak bagian tanaman yang digunakan sebagai pereduksi diselidiki mengandung senyawa yang mengandung metabolit sekunder. Beberapa jenis tumbuhan yang berpotensi dalam biosintesis nanopartikel perak adalah kulit buah manggis, daun salam, ekstrak biji jarak pagar, ekstrak daun sambiloto

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.)* secara luas dibudidayakan untuk produksi biodiesel dari bijinya secara komersial [11]. Getah jarak pagar memiliki beberapa kegunaan di bidang medis seperti penyembuhan luka, aktivitas koagulan darah [12]. Bagian tanaman jarak pagar yang telah banyak digunakan untuk mensintesis nanopartikel yaitu biji jarak pagar dan getahnya. Ekstrak daun jarak pagar baru-baru ini digunakan untuk sintesis AgNP, dimana daun jarak pagar mengandung senyawa metabolit sekunder seperti senyawa fenol, alkaloid, saponin, tanin, terpenoid, steroid dan flavonoid [12] sehingga dapat disimpulkan bahwa sangat berpotensi untuk menghasilkan nanopartikel logam perak (AgNP).

Dalam penelitian ini, ekstrak daun jarak pagar diaplikasikan

* Corresponding author. Tel.: +62 812 312 96 088
Email: dennis.nury@tk.itera.ac.id
http://dx.doi.org/10.20527/k.v12i2.16610

This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY-SA) 4.0 license

sebagai nanopartikel perak (AgNP) menggunakan metode biosintesis dengan mereaksikan ekstrak daun jarak pagar – $AgNO_3$. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu konsentrasi AgNP sebanyak 1, 2, 3 dan 4 mM serta variasi jenis pelarut aquades dan etanol 96%. AgNP yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan Uv-Vis, FTIR, dan PSA.

2. Metode Penelitian

2.1. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, *magnetic stirrer* dan instrumen analisis yang meliputi: spektrofotometri UV-Vis Shimadzu UV-1800, *Fourier Tansform Infrared Spectroscopy* (FTIR) Shimadzu 820 IPC, *Particle Size Analyzer* (PSA).

2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan baku ekstrak daun jarak pagar (*Jatropha curcas L*) yang telah dipreparasi, $AgNO_3$ (Merck), aquades sebagai pelarut dan pencuci, kertas saring whatman 42.

2.3. Tahapan Penelitian

2.3.1. Preparasi sampel ekstrak daun jarak pagar

Daun jarak pagar yang diperoleh dari tanaman yang tumbuh di Bandar Lampung mula-mula dicuci hingga bersih menggunakan aquades dan dikeringkan pada suhu ruang. Menimbang 20 gram daun jarak pagar yang telah dikeringkan, kemudian rebus daun jarak pagar dengan menggunakan pelarut 200 mL aquades dengan kondisi temperatur 70°C selama 40 menit. Mendinginkan larutan daun jarak pagar pada temperatur ruangan, kemudian ekstrak disaring menggunakan kertas saring. Menyimpan larutan ekstrak ke dalam lemari pendingin dengan temperatur 4°C sebelum digunakan. Mengulangi preparasi dengan menggunakan pelarut 200 mL etanol dengan kondisi temperatur 50°C selama 40 menit.

2.3.2. Pembuatan larutan $AgNO_3$

Menimbang massa $AgNO_3$ yang dibutuhkan dengan variasi konsentrasi: 1, 2, 3 dan 4 mM sebanyak 100 ml menggunakan sonikator hingga homogen selama 10 menit.

2.3.3. Sintesis nanopartikel

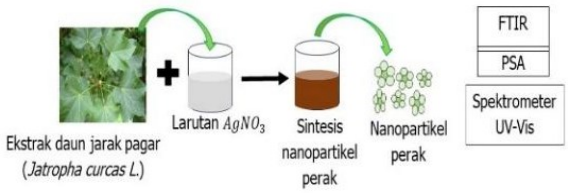
Sintesis nanopartikel perak dilakukan menggunakan metode biosintesis dengan mereaksikan larutan $AgNO_3$ 20 ml tiap variasi konsentrasi yiatu 1, 2, 3 dan 4 mM ke dalam gelas *beaker* yang berisi larutan ekstrak daun jarak pagar, kemudian tutup dengan *alumunium foil*. Mengaduk campuran larutan ekstrak daun jarak pagar – $AgNO_3$ dengan kondisi kecepatan pengadukan 300 rpm dan temperatur 30°C selama 1 jam. Mengamati perubahan warna yang terjadi pada larutan.Warna kekuningan menunjukkan terbentuknya nanopartikel.

Karakterisasi sampel nanopartikel menggunakan UV-Vis dan PSA dalam bentuk larutan. Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui tentang komposisi kimia bahan pada tingkat molekular.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil penelitian

Proses sintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak daun jarak pagar dilakukan dengan metode biosintesis dnegan variasi konsentrasi nanopartikel perak sebanyak 1, 2, 3 dan 4 mM serta variasi jenis pelarut aquades dan etanol 96%. Karakterisasi nanopartikel perak dilakukan secara visual ditandai dengan perubahan larutan berwarna kekuningan hingga kecokelatan. Salah satu indikator terbentuknya nanopartikel perak adalah terjadinya perubahan warna. Tahapan sintesis nanopartikel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan biosintesis nanopartikel perak dari ekstrak daun jarak pagar (*Jatropha curcas L.)*

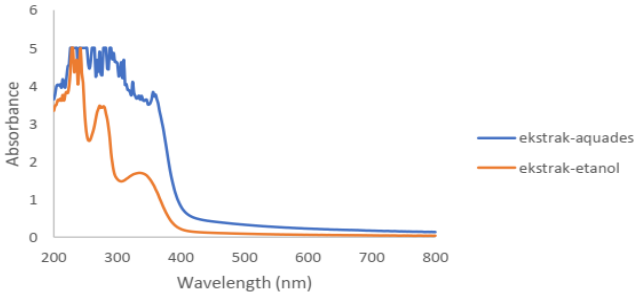
Karakterisasi nanopartikel perak dilakukan secara visual ditandai dengan perubahan larutan berwarna kekuningan hingga kecokelatan. Terjadi perubahan warna larutan secara visual, sehingga ekstrak daun jarak pagar dapat digunakan untuk sintesis nanopartikel perak (AgNP). Nanopartikel perak (AgNP) yang terbentuk dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PSA dan FTIR.

Spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengkonfirmasi perubahan warna saat biosintesis, sesuai dengan teori yaitu panjang gelombang yang diperoleh sekitar 400-450 nm. Analisis FTIR berfungsi mengetahui gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi ion logam, dan analisis PSA untuk mengetahui ukuran nanopartikel.

3.2. Pembahasan

3.2.1. Hasil karakterisasi nanopartikel perak (AgNP) menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa terdapat hubungan besarnya absorbansi larutan yang diuji dengan panjang gelombang yang dihasilkan. Untuk mengetahui keberhasilan sintesis nanopartikel perak serta untuk memvalidasi terbentuknya nanopartikel perak yang diperoleh dengan variasi konsentrasi larutan dan pelarut, maka dilakukan pengujian UV-Vis ekstrak daun jarak pagar dan sampel hasil sintesis variasi konsentrasi nanopartikel perak (AgNP).

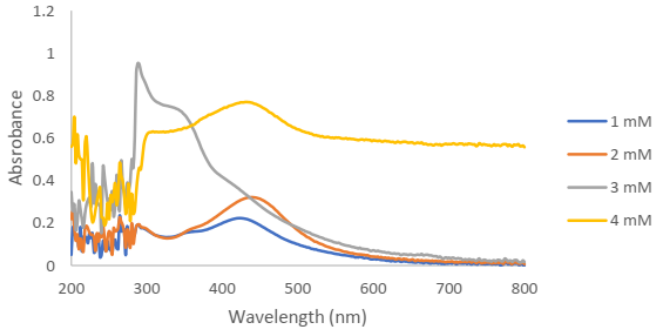


Gambar 2. Spektrum UV-Vis Ekstrak Daun Jarak Pagar

Spektrum karakterisasi spektrofotometer UV Vis ekstrak

daun jarak pagar disajikan pada Gambar 2. Hasil pengukuran panjang gelombang pada ekstrak daun jarak pagar dengan pelarut aquades dan etanol secara berurut didapatkan 260 nm dengan nilai absorbansi 5,000 dan 230 nm dengan nilai absorbansi 5,000.

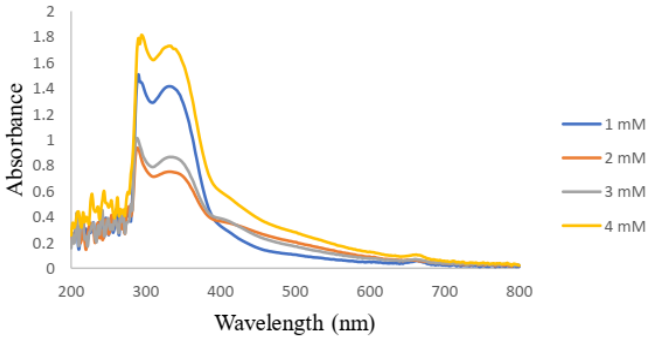
Selanjutnya dilakukan pengukuran dengan menggunakan larutan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi dan jenis pelarut. Hasil pengukuran sampel nanopartikel perak dengan pelarut aquades serta nilai panjang gelombang dan absorbansi larutan nanopartikel perak dengan pelarut aquades dan variasi konsentrasi disajikan pada dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum UV-Vis Nanopartikel Perak – Aquades

Konsentrasi larutan nanopartikel perak 1 mM diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,221 pada panjang gelombang 428 nm. Konsentrasi 2 mM diperoleh nilai absorbansi 0,321 nm pada panjang gelombang 440 nm. Konsentrasi 3 mM dan 4 mM secara berurut diperoleh nilai absorbansi 0,416 dan 0,769 pada panjang gelombang 400 dan 434 nm.

Dari hasil pengukuran sampel nanopartikel perak (AgNP) menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi larutan yang semakin besar, maka dihasilkan puncak absorbansi yang semakin tinggi, hal ini dapat terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum UV-Vis Nanopartikel Perak – Etanol 96%

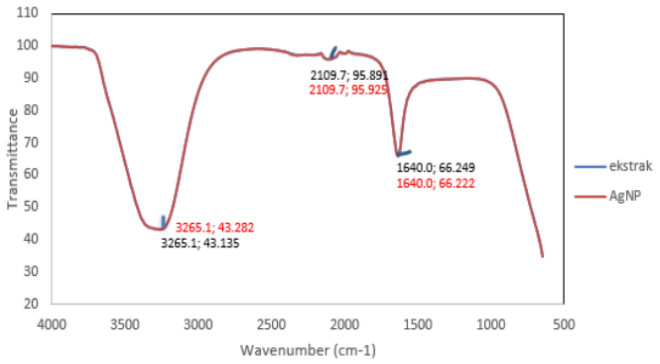
Pada Gambar 4, terbaca konsentrasi larutan nanopartikel perak 1 mM dihasilkan nilai absorbansi sebesar 1,401 pada panjang gelombang 338 nm. Pada konsentrasi 2 mM diperoleh nilai absorbansi 0,744 nm pada panjang gelombang 340 nm. Sedangkan pada konsentrasi 3 mM dan 4 mM secara berurut diperoleh nilai absorbansi 0,859 dan 1,712 pada panjang gelombang 340 dan 336 nm.

Perbedaan nilai panjang gelombang dan absorbansi dapat disebabkan oleh tingkat penyerapan cahaya koloid nanopartikel perak. Koloid nanopartikel perak memperlihatkan warna yang berbeda berdasarkan pada absorpsi cahaya dan pancaran pada daerah cahaya tampak sehingga panjang gelombang dan absorbansi yang diperoleh berbeda [3,13].

Puncak absorbansi pada pelarut etanol terjadi pada panjang gelombang kisaran 300 nm, dimana pada panjang gelombang tersebut nanopartikel perak belum terbentuk karena belum semua ion perak tereduksi menjadi nanopartikel perak. Sampel yang terbentuk pada panjang gelombang 400 hingga 450 nm merupakan nanopartikel perak, sedangkan sampel yang terbentuk pada panjang gelombang 300 nm merupakan ion perak [14].

3.2.2. Hasil analisis gugus fungsi menggunakan FTIR

Analisis gugus fungsi dari sampel ekstrak daun jarak pagar dan nanopartikel perak menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), dalam hal ini terdapat puncak transmitan dari pola grafik FTIR yang menunjukkan bahwa adanya gugus fungsi yang terbentuk. Dari gugus fungsi yang terbentuk, masing-masing memiliki bilangan gelombang yang berbeda berdasarkan kemampuan gugus fungsi dalam menyerap energi dari spektrum *infrared.*

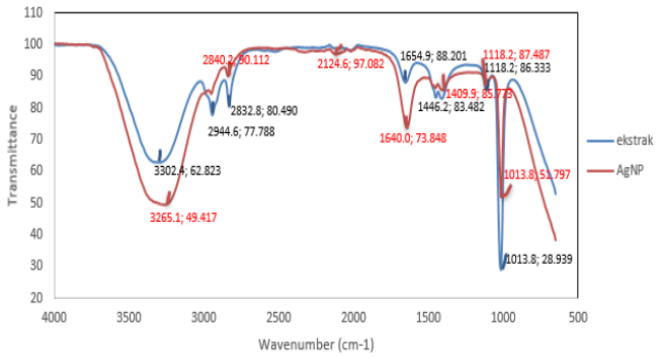


Gambar 5. Spektrum FTIR Pelarut Aquades. a) Ekstrak Daun Jarak Pagar b) Nanopartikel Perak

Pada Gambar 5, spektrum FTIR dengan ekstrak akuades dari daun jarak pagar yang menunjukkan serapan melebar dengan intensitas yang kuat pada bilangan gelombang 3265 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan O-H dari golongan alkohol atau senyawa fenol. Bilangan gelombang 2100,7 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C≡C yang menunjukkan senyawa alkuna, serta bilangan gelombang 1640 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=C yang menunjukkan senyawa alkena terkonjugasi [15].

Secara umum profil spektrum FTIR yang diberikan pada ekstrak aquades dari daun jarak pagar dan 4 mM nanopartikel perak sama, namun memiliki sedikit perbedaan pada nilai transmitannya [16]. Gugus fungsi yang berperan dalam pembentukan nanopartikel perak (AgNP) dapat ditunjukkan pada perubahan serapan yang terjadi (Sutoyo & Sari, 2020; Taba et al., 2019). Turunnya nilai transmitan pada gugus C=C disebabkan adanya interaksi antara ion perak (Ag) dan gugus C=C pada ekstrak. Turunnya nilai transmitan juga dikarenakan bertambahnya jumlah partikel atau gugus atom (Ag) yang menyerap cahaya *infra-red* semakin banyak, sehingga cahaya yang ditransmisikan semakin sedikit [15]. Perubahan nilai transmitan terutama pada gugus O-H yang terdapat pada ekstrak aquades daun jarak pagar dan nanopartikel perak menunjukkan bahwa gugus O-H berperan dalam proses reduksi ion perak [17].

Jenis pelarut yang lain yaitu etanol 96% memiliki nilai panjang gelombang dan pola grafik FTIR yang berbeda dengan aquades. Berikut ini adalah spektrum FTIR ekstrak etanol dari daun jarak pagar dengan nanopartikel perak ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Spektrum FTIR Pelarut Etanol 96% a) Ekstrak Daun Jarak Pagar b) Nanopartikel Perak

Pada Gambar 6, terlihat serapan melebar dengan intensitas yang kuat pada bilangan gelombang 3302 cm^{-1} menunjukkan bahwa spektrum FTIR ekstrak etanol dari daun jarak pagar terdapat adanya ikatan O-H dari alkohol atau senyawa fenol. Pada bacaan bilangan gelombang 2944 cm^{-1} dan 2832 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H dan C≡C yang menunjukkan adanya senyawa alkana dan alkuna. Bilangan gelombang 1654 cm^{-1}, 1446 cm^{-1}, 1118 cm^{-1}, dan 1013 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C=C (alkena terkonjugasi), O-H (alkohol), C-O (alkohol sekunder), dan C-O (alkohol sekunder).

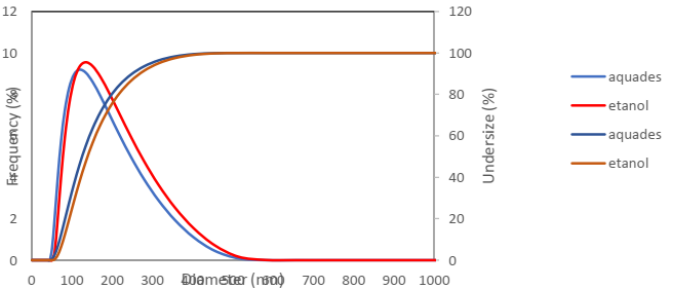
Intensitas transmitan mengalami penurunan regangan gugus O-H dan gugus C-O yang diikuti dengan pergeseran gelombang bilangan yang disebabkan adanya interaksi antara ion perak (Ag) dan gugus hidroksil ekstrak daun jarak pagar. Turunnya nilai transmitan dikarenakan bertambahnya jumlah partikel atau gugus atom (Ag) yang menyerap cahaya *infra- red* semakin banyak, sehingga cahaya yang ditransmisikan semakin sedikit.

Pergeseran bilangan gelombang terutama pada gugus C-O dan O-H yang terdapat pada ekstrak daun jarak pagar dan nanopartikel perak dengan pelarut etanol 96% menunjukkan bahwa gugus C-O dan O-H berperan dalam proses reduksi ion perak. Mekanisme pembentukan nanopartikel perak ditandai dengan perak nitrat dilarutkan ke dalam air mengalami disosiasi menjadi ion positif (Ag^+) dan ion negatif (NO_3^-). Dibutuhkan proses reduksi untuk mengubah Ag^+ menjadi Ag^0 dengan menerima elektron dari donor [10, 13].

Komponen biomolekul seperti senyawa fenolik, flavonoid, terpenoid, alkaloid, asam amino, dan biomolekul yang mengandung gugus fungsi aldehid dalam tanaman dapat berfungsi sebagai reduktor ion perak [18, 19]. Gugus fungsi O-H dan C-O termasuk senyawa flavonoid, ini yang kemungkinan berperan dalam sintesis nanopartikel perak [20,21].

3.2.3. Hasil karakterisasi ukuran nanopartikel perak (AgNP) dengan PSA

Pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA) bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel yang telah terbentuk. Ukuran nanopartikel dengan jenis pelarut aquades dan etanol disajikan pada Gambar 7. Ukuran partikel dengan pelarut etanol lebih besar ukurannya dibandingkan dengan aquades. *Z-average* merupakan diameter partikel rata-rata. Frekuensi adalah persentase massa partikel pada ukuran yang berbeda dalam kelompok-kelompok partikel, sedangkan *undersize* adalah persentase ukuran partikel dibawah ukuran partikel tertentu. Ukuran partikel rata-rata yang terbentuk pada penelitian ini yaitu 104,6 nm untuk jenis pelarut aquades dan 110,7 nm untuk jenis pelarut etanol.



Gambar 7. PSA Nanopartikel Perak Konsentrasi 4 mM

Hal ini disebabkan karena nanopartikel perak mengalami aglomerasi. Aglomerasi sendiri terjadi disebabkan tidak adanya stabilisator. Faktor lain yang menyebabkan ukuran nanopartikel besar yaitu karena menggunakan konsentrasi logam perak yang tinggi, dimana semakin tinggi konsentrasi logam yang digunakan maka diameter nanopartikel yang dihasilkan semakin besar. Namun, pada hasil yang didapatkan mengindikasikan terbentuknya *fine particle. Fine particle* sendiri terjadi pada kisaran 100- 2500 nm [22] (Wahab, Karim, Asmawati, et al., 2018).

Hasil PSA yang diperoleh juga terdapat nilai *Polydispersity Index* (PI) dimana nilai PI merupakan nilai dari sebaran ukuran partikel yang terbentuk. Nilai PI lebih besar dari 1,0 artinya ukuran partikel tidak homogen. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai PI sebesar 0,341 untuk jenis pelarut aquades dan 0,644 untuk etanol. Partikel yang dihasilkan memiliki ukuran yang homogen karena memiliki nilai PI dibawah 1,0. Frekuensi terbesar terdapat pada diameter 104,6 nm dan 110,7 nm untuk masing-masing pelarut aquades dan etanol yang ditunjukkan dengan *peak* pada diameter tersebut. Diameter 104,6 nm untuk jenis pelarut aquades memiliki sekitar 95% sampel yang berukuran lebih kecil *(undersize)* dari 104,6 nm. Sedangkan untuk pelarut etanol memiliki diameter 110,7 nm terdapat sekitar 98% sampel *undersize* dari 110,7 nm.

4. Kesimpulan

Ekstrak daun jarak pagar *(Jatropha curcas L.)* mampu berfungsi sebagai bioreduktor dalam proses sintesis (AgNP) dengan ditandai berwarna kuning kecoklatan. Larutan (AgNP) dengan pelarut aquades maupun etanol 96% memiliki nilai absorbansi dan panjang gelombang yang tertinggi secara berurutan yaitu 434 nm; 0,769 dan 336 nm; 1,712 pada konsentrasi larutan 4 mM.

Nilai transmitan pada gugus O-H berperan dalam proses reduksi ion perak, sedangkan untuk estrak dengan etanol 96% pergeseran nilai transmitan pada gugus O-H dan C-O berperan dalam proses reduksi ion perak. Uji PSA didapatkan besar nanopartikel perak yang terbentuk yaitu 104,1 nm untuk jenis pelarut aquades dan 110,7 nm untuk etanol. Berdasarkan karakterisasi yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa hasil sintesis ini adalah *fine particle.*

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dari Institut Teknologi Sumatera di bidang penelitian dan publikasi di tahun 2022.

Referensi

[1] A. Chatterjee, N. Kwatra, J. Abraham, Nanoparticles fabrication by plant extracts, Phytonanotechnology, (2020) 143-157.
[2] M. Khalaj, M. Kamali, M.E.V. Costa, I. Capela, Green synthesis of nanomaterials-A scientometric assessment, J. Clean. Prod., 267 (2020) 122036.
[3] A.W. Wahab, A. Karim, N. La Nafie, I.W. Sutapa, synthesis of silver nanoparticles using muntingia calabura L. Leaf extract as bioreductor and applied as glucose nanosensor, Orient. J. Chem., 34 (2018).
[4] P.G. Jamkhande, N.W. Ghule, A.H. Bamer, M.G. Kalaskar, Metal nanoparticles synthesis: An overview on methods of preparation, advantages and disadvantages, and applications, Journal of drug delivery science and technology, 53 (2019) 101174.
[5] D.U.A. Ravana, A. Arumsari, Kajian literatur sintesis dan karakterisasi nanopartikel emas menggunakan ekstrak tanaman, Jurnal Riset Farmasi, (2022) 63-68.
[6] W.D.P. Rengga, W.P. Hapsari, D.W. Ardianto, Sintesis nanopartikel tembaga dari larutan CuNO3 menggunakan ekstrak cengkeh (Syzygium aromaticum), Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan, 12 (2017) 15-21.
[7] Y.B. Pramana, Sinstesis nanopartikel nikel hidroksida secara elektrokimiadengan penambahan na-sitrat sebagai agen pereduksi, STIGMA, 9 (2016).
[8] L. Puspitasari, S. Arief, Z. Zulhadjri, Ekstrak daun andalas sebagai capping agent dalam green hydrothermal synthesis nanopartikel mangan ferrit dan aplikasinya sebagai antibakteri, Chimica et natura Acta, 7 (2019) 20-26.
[9] A.A. Yaqoob, K. Umar, M.N.M. Ibrahim, Silver nanoparticles: various methods of synthesis, size affecting factors and their potential applications–a review, Appl. Nanosci., 10 (2020) 1369-1378.
[10] S. Dawadi, S. Katuwal, A. Gupta, U. Lamichhane, R. Thapa, S. Jaisi, G. Lamichhane, D.P. Bhattarai, N. Parajuli, Current research on silver nanoparticles: Synthesis, characterization, and applications, J. Nanomater., 2021 (2021) 1-23.
[11] T.M.I. Riayatsyah, A.H. Sebayang, A.S. Silitonga, Y. Padli, I.M.R. Fattah, F. Kusumo, H.C. Ong, T.M.I Mahlia, Current progress of jatropha curcas commoditisation as biodiesel feedstock: a comprehensive review, Frontiers in Energy Research, 9 (2022) 815416.
[12] L.M. Almeida, F.S. Matos, E.F.L.C. Bailão, P.J. Gonçalves, Jatropha curcas L. Latex Production, Characterization, and Biotechnological Applications, Jatropha, Challenges for a New Energy Crop: Volume 3: A Sustainable Multipurpose Crop, (2019) 437-459.
[13] A.J. Shnoudeh, I. Hamad, R.W. Abdo, L. Qadumii, A.Y. Jaber, H.S. Surchi, S.Z. Alkelany, Synthesis, characterization, and applications of metal nanoparticles, Biomaterials and bionanotechnology, (2019) 527-612.
[14] R. Jannah, A. Amaria, Artikel review: Sintesis nanopartikel perak menggunakan pereduksi asam amino sebagai deteksi Ion logam berat, Prosiding Seminar Nasional Kimia (SNK), (2020) 185-202.
[15] S.O. Aisida, U.K. Okonkwo, P.A. Akpa, A.C. Nwanya, U. Nwankwo, S. Botha, P.M. Ejikeme, I. Ahmad, M. Maaza, F. Ezema, Biosynthesis of silver nanoparticles using bitter leave (Veronica amygdalina) for antibacterial activities, Surfaces and Interfaces, 17 (2019) 100359.
[16] P. Taba, N.Y. Parmitha, S. Kasim, Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun salam (Syzygium polyanthum) sebagai bioreduktor dan uji aktivitasnya sebagai antioksidan, Indo. J. Chem. Res., 7 (2019) 51-60.
[17] N. Wendri, N.N. Rupiasih, M. Sumadiyasa, Biosintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun sambiloto: optimasi proses dan karakterisasi, Jurnal Sains Materi Indonesia, 18 (2017) 162-166.
[18] S.N. Fajriyah, Y.E. Lestari, N.I. Suaka, E. Darmawan, Narrative review: nano kapsul ekstrak biji papaya (Carica Papaya L.) sebagai antifertilitas: narrative review: nano capsules papaya seed extract (Carica Papaya L.) as antifertility, JSM, 6 (2021) 10-24.
[19] D. Fitri, N. Kiromah, T.C. Widiastuti, formulasi dan karakterisasi nanopartikel ekstrak etanol daun salam (Syzygium polyanthum) pada berbagai variasi komposisi kitosan dengan metode gelasi ionik, J Pharm Sci, 1 (2019) 62.
[20] S.M. Khalifa, M.S. Marzouk, A.M. Metwaly, H. Mohammed, A.H. Ahmed, Assessment of phenolic and flavonoid content of six jatropha plants cultivated in egypt and evaluation their anti-inflammatory and antioxidant properties, AIJPMS, 1 (2021) 1-8.
[21] Y.C. Vega-Ruiz, C. Hayano-Kanashiro, N. Gámez-Meza, L.A. Medina-Juárez, Determination of chemical constituents and antioxidant activities of leaves and stems from Jatropha cinerea (Ortega) Müll. Arg and Jatropha cordata (Ortega) Müll. Arg, Plants, 10 (2021) 212.
[22] A.W. Wahab, A. Karim, I.W. Sutapa, Bio-synthesis of gold nanoparticles through bioreduction using the aqueous extract of Muntingia calabura L. leaf, Orient. J. Chem., 34 (2018) 401.