

PENGUNAAN BIOREDUKTOR EKSTRAK AIR DAUN SIRSAK (*Annona mucirata* L.) UNTUK FITOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (NPAg) DENGAN BERBAGAI VARIASI RASIO CAMPURAN

Gusti Ayu Dewi Lestari*, Ni Wayan Nieskajanti Kedeh Van Kempen, Kadek Duwi Cahyadi, Ni Ketut Esati

Program Studi Farmasi Program Sarjana, Sekolah Tinggi Farmasi Mahaganesha
Jl. Tukad Barito Timur No 57 Denpasar Selatan, Bali 80225

*Email: lestaridewi87@gmail.com

Abstrak

Nanopartikel adalah ilmu yang mempelajari mengenai ukuran partikel antara 1-100 nm. Beberapa jenis logam yang dapat disintesis menjadi nanopartikel menggunakan metode fitosintesis yaitu emas, perak, paladium, platinum, besi, zink, dan logam dioksida. Salah satu logam yang paling sering disintesis menjadi nanopartikel adalah nanopartikel perak. Karakterisasi pembentukan nanopartikel perak dapat diidentifikasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, TEM, SEM-EDX dan PSA. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengoptimalkan rasio campuran antara bioreduktor ekstrak air daun sirsak dengan larutan AgNO_3 sehingga menghasilkan ukuran nanopartikel perak terkecil dan stabil. Tahap penelitian ini meliputi skrining fitokimia ekstrak air daun sirsak, sintesis nanopartikel perak dengan rasio campuran antara ekstrak air daun sirsak dengan larutan AgNO_3 1 mM adalah 1:9; 3:7 dan 5:5, dan karakterisasi nanopartikel perak. Hasil spektrofotometer UV-Vis menunjukkan pembentukan NPAg pada rasio campuran 1:9 dengan panjang gelombang maksimum 405 nm. Hasil SEM-EDX menunjukkan serbuk NPAg yang cenderung menggumpal dan atom Ag terdeteksi pada 2,983 keV. Hasil TEM menunjukkan NPAg berbentuk bulat tidak beraturan dan hasil PSA menunjukkan ukuran NPAg diperoleh 39,31 nm.

Kata kunci: Bioreduktor, Daun Sirsak, Nanopartikel perak, TEM, SEM-EDX

1. PENDAHULUAN

Perkembangan bidang nanoteknologi saat ini sangat pesat. Nanoteknologi merupakan teknologi yang memanfaatkan sifat-sifat molekul yang berukuran nanometer (nm) (Jumini, 2017; Masykuroh dan Nurulita, 2022). Nanopartikel adalah ilmu yang mempelajari mengenai ukuran partikel antara 1-100 nanometer (Taba dkk., 2019). Nanopartikel yang saat ini sedang berkembang pesat adalah nanopartikel logam dan merupakan salah satu bentuk dari perkembangan teknologi yang sudah dimanfaatkan di segala bidang seperti pada bidang kesehatan, industri, kosmetik dan pertanian (Rahim dkk., 2020). Dalam bidang kesehatan, nanopartikel logam dapat dimanfaatkan sebagai anti mikroba, anti inflamasi dan anti jamur (Tyavambiza dkk., 2021). Nanopartikel merupakan bidang ilmu yang berkembang dalam ilmu material yang dapat dimanfaatkan pada bidang teknologi, sains, optik, dan biomedis karena memiliki sifat, ukuran dan bentuk yang unik (Qurrataayun dkk., 2022).

Secara umum metode sintesis nanopartikel dibagi menjadi 2 yaitu metode fisika (*top down*) dan metode kimia (*bottom, up*). Perbedaan dari kedua metode yaitu metode fisika dilakukan

dengan memecah padatan menjadi ukuran nano sedangkan metode kimia dengan membentuk nanopartikel melalui reaksi kimia (Purnomo dan Sumadiyata, 2017).

Kedua metode tersebut sering digunakan untuk menghasilkan partikel yang murni. Meskipun menghasilkan partikel yang murni, akan tetapi metode tersebut memiliki kekurangan yaitu tidak ramah lingkungan, menyebabkan pencemaran lingkungan dan mahal dalam proses pembuatannya (Masykuroh dan Nurulita, 2022). Dengan adanya kekurangan dari metode fisika dan kimia maka, saat ini sintesis nanopartikel banyak menggunakan metode biologi sebagai alternatif yaitu fitosintesis nanopartikel dengan menggunakan tumbuhan sebagai bioreduktornya.

Metode ini memiliki beberapa keuntungan seperti biaya lebih ekonomis, produk yang dihasilkan lebih aman, ramah lingkungan dan pembuatannya lebih sederhana (Rahim dkk., 2020). Beberapa jenis logam dapat disintesis menjadi nanopartikel menggunakan metode fitosintesis yaitu emas, perak, paladium, platinum, besi, zink, dan logam dioksida. Salah satu logam yang paling sering disintesis menjadi nanopartikel adalah nanopartikel perak.

Hal ini dikarenakan manfaat nanopartikel perak yaitu dapat menembus ruang-ruang sel dan memiliki sifat fleksibel sehingga mudah untuk dikombinasikan dengan teknologi dan mudah untuk dikembangkan (Amanah dkk., 2021).

Tanaman yang dapat digunakan dalam fitosintesis nanopartikel perak umumnya adalah tanaman-tanaman yang memiliki metabolit sekunder berupa senyawa-senyawa flavonoid, tanin, saponin dan alkaloid. Salah satu tanaman yang banyak terdapat di Indonesia dan belum pernah dimanfaatkan dalam fitosintesis nanopartikel perak adalah tanaman sirsak. Daun sirsak memiliki kandungan metabolit sekunder sehingga dapat berfungsi sebagai bioreduktor. Kandungan metabolit sekunder pada daun sirsak seperti flavonoid, alkaloid, dan tanin dapat berperan sebagai bioreduktor (Oktavia dan Sutoyo, 2021).

Proses fitosintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor tanaman diawali dengan reaksi reduksi oksidasi dari ion Ag^+ yang terdapat pada larutan. Gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa metabolit sekunder bekerja dengan cara mendonorkan elektron ke ion Ag^+ untuk menghasilkan atom Ag yang kemudian menghasilkan nanopartikel perak (NPAg) (Masakke dkk., 2015). Karakterisasi pembentukan nanopartikel perak dapat diidentifikasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang maksimum dari nanopartikel perak, *particle size analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran nanopartikel perak, *scanning electron microscope energy dispersive X-Ray spectroscopy* (SEM-EDX) untuk mendeteksi permukaan serta komposisi dari nanopartikel dan *transmission electron microscope* (TEM) untuk mengetahui morfologi nanopartikel perak (Chugh dkk., 2021). Berdasarkan penelitian sebelumnya, nanopartikel perak disintesis menggunakan ekstrak air daun cemcem pada suhu sintesis 60°C dengan konsentrasi AgNO_3 1×10^{-3} M menghasilkan nanopartikel perak yang berukuran 9,04 nm (Purnamasari dkk., 2021).

Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengoptimalkan rasio campuran antara bioreduktor ekstrak air daun sirsak dengan larutan AgNO_3 sehingga menghasilkan ukuran nanopartikel perak terkecil dan stabil. Variasi rasio campuran sangat berpengaruh terhadap pembentukan nanopartikel perak karena menentukan terbentuknya partikel berukuran nano (Dwina dkk., 2020; Kasim dkk., 2020)

2. METODOLOGI

2.1 BAHAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun sirsak (*Annona Muricata* L.) (Lansida Herbal Technology), kristal perak nitrat (AgNO_3) (PT. Brataco), dan *aqua demineralisasi* (PT. Brataco)

2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas (Pyrex), blender (Philips), *hot plate* (IKA®C-MAG HS), neraca analitik (OHAUS), kertas saring *Whatman* (GE Healthcare Life Sciences), *Centrifuge* (Top Centrifuge PLC 03), spektrofotometer UV-Vis (Thermo Scientific), PSA (Malvern), SEM-EDX (JSM-6510LA) dan TEM (H9500).

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Preparasi sampel

Daun sirsak dicuci dengan air mengalir hingga bersih dipotong kecil-kecil lalu dikeringkan dan terlindung dari sinar matahari. Setelah kering daun sirsak diblender hingga menjadi serbuk kemudian diayak menggunakan mesh 40. Sebanyak 20 gram serbuk daun sirsak diekstraksi menggunakan 100 mL aquadem dengan metode infusa suhu 90°C selama 20 menit (Lusi., 2018) sehingga diperoleh konsentrasi awal ekstrak adalah 20% (b/v). Dari konsentrasi ini, kemudian diencerkan menjadi konsentrasi 1% (b/v) dimana konsentrasi inilah yang digunakan untuk sintesis nanopartikel perak.

2.3.2 Uji Fitokimia (Harborne, 1996)

a. Uji Flavonoid

Masukkan 10 mL filtrat ditambahkan 0,5 g serbuk Mg, 1 mL HCl pekat dan 1 mL amil alkohol. Campuran dikocok dengan kuat. Lihat hasil positif dengan munculnya warna merah, kuning atau jingga pada lapisan amil alkohol

b. Uji terpenoid dan steroid

Filtrat ditambah 3 tetes asam asetat anhidrat dan 1 tetes asam sulfat pekat secara berurutan. Larutan dikocok perlahan dan dibiarkan beberapa menit. Uji positif terbentuknya warna merah atau merah ungu untuk uji terpenoid dan hijau untuk uji steroid.

c. Uji alkaloid

Filtrat ditambah 10 mL kloroform dan beberapa tetes NH_4OH dan disaring ke dalam tabung reaksi tertutup. Ekstrak kloroform dalam tabung reaksi dikocok dengan 10 tetes H_2SO_4 2M, kemudian lapisan asam dimasukan ke

dalam tabung reaksi. Lapisan asam ditetaskan pada plat tetes dan di tambahkan pereaksi *Mayer*, *Wagner* dan *Dragendorff*. Terbentuknya endapan putih pada *Mayer*, endapan jingga hingga coklat pada *Wagner*, dan endapan jingga pada *Dragendorff* menandakan hasil positif.

d. Uji tannin

Filtrat ditambahkan dengan 2-3 tetes larutan FeCl_3 5%. Hasil positif berwarna hijau kecoklatan atau biru kehitaman

e. Uji saponin

Filtrat ditambahkan 10 mL air panas dan dididihkan selama 5 menit. Kocok kuat hingga 30 detik dan terbentuk buih menghasilkan hasil positif

2.3.3 Pembuatan larutan AgNO_3 1 mM

Sebanyak 170 mg serbuk AgNO_3 dilarutkan dalam beaker glass kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL ditambahkan *aqua demineralisata* hingga tanda batas kemudian dikocok hingga homogen.

2.3.4 Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan mencampurkan larutan AgNO_3 1 mM dengan ekstrak air daun sirsak 1% (b/v). Rasio campuran yang digunakan antara ekstrak air daun sirsak dengan larutan AgNO_3 adalah 1:9; 3:7 dan 5:5 dengan suhu sintesis 80°C selama 15 menit atau ketika ada perubahan warna larutan dari kuning bening menjadi merah kecoklatan yang menandakan terbentuknya nanopartikel perak. Perbedaan warna yang muncul dalam proses sintesis nanopartikel perak merupakan efek SPR yang dimiliki oleh nanopartikel perak (Nurchayo dan Wibawa, 2022). Setelah terbentuknya nanopartikel perak dilanjutkan dengan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PSA, SEM-EDX dan TEM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Fitokimia

Metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode infusa karena metode infusa adalah metode yang paling sederhana dimana pengerjaan dan alat yang digunakan sederhana dan pembuatan ekstrak lebih cepat (Oktavia dkk., 2020). Skrining yang dilakukan yaitu menggunakan skrining kualitatif yang memiliki tujuan untuk mengetahui kandungan senyawa-senyawa yang ada pada daun sirsak.

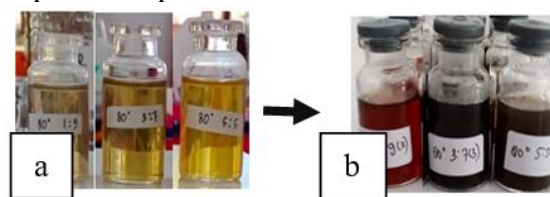
Hasil pengujian skrining fitokimia menunjukan ekstrak air daun sirsak mengandung senyawa flavonoid, terpenoid dan senyawa tanin. Hasil penelitian ini sesuai dengan beberapa penelitian yang menunjukkan ekstrak air daun sirsak mengandung flavonoid, terpenoid dan tanin (Pramiastuti dkk., 2023; Diningsih dkk., 2023; Putu dkk., 2012)

Tabel 1. Hasil Uji Skrining Fitokimia

Uji	Hasil	Ket.
Flavonoid	+	Warna jingga kekuningan
Terpenoid	+	Warna merah
Alkaloid	-	Tidak Terdapat endapan jingga
Saponin	-	Tidak Terdapat busa
Tanin	+	Warna hitam

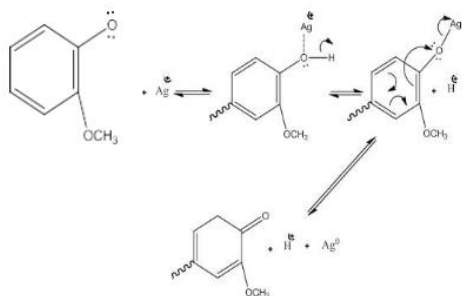
3.2 Sintesis Nanopartikel Perak

Proses sintesis nanopartikel perak diawali dengan perubahan warna larutan dari kuning menjadi merah kecoklatan. Perubahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses fitosintesis (a) sebelum terbentuk nanopartikel perak (b) sesudah terbentuk nanopartikel perak

Nanopartikel perak disintesis menggunakan daun sirsak. Daun sirsak memiliki kandungan metabolit sekunder sehingga dapat berfungsi sebagai bioreduktor (Oktavia dan Sutoyo, 2021). Kandungan flavonoid dan tanin pada ekstrak air daun sirsak memiliki gugus hidroksil ($-\text{OH}$) yang dapat menyumbangkan elektronnya pada ion Ag^+ sehingga membentuk atom Ag dan pada akhirnya akan membentuk nanopartikel perak (Fajri dkk., 2022). Mekanisme pembentukan nanopartikel perak dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme pembentukan Ag nanopartikel oleh flavonoid (Fajri dkk., 2022)

3.3 Karakterisasi Nanopartikel Perak

Pembentukan nanopartikel perak dievaluasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, TEM, PSA, dan SEM-EDX. Karakterisasi nanopartikel perak (NPAg) menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk mengidentifikasi pembentukan awal nanopartikel perak.

3.3.1 Spektrofotometer UV-Vis

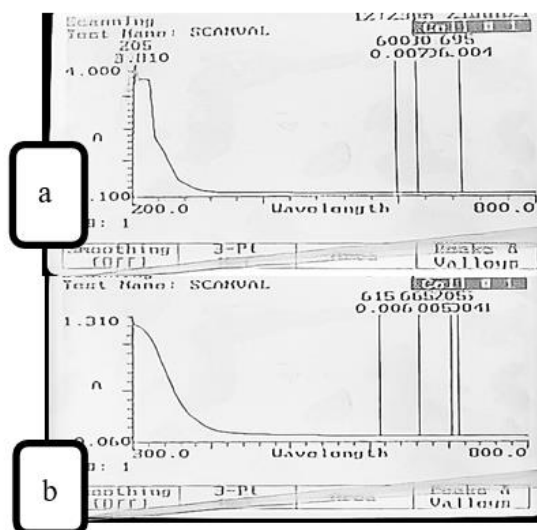
Hasil spektrofotometer UV-Vis dapat mengindikasikan pembentukan nanopartikel perak pada panjang gelombang maksimum 400-450 nm (Trimulyadi dkk., 2018). Nanopartikel perak memiliki *surface plasmon resonance* (SPR) pada panjang gelombang tertentu sehingga dapat terdeteksi oleh spektrofotometer UV-Vis (Nurchayyo dan Wibawa, 2022). *Surface Plasmon Resonance* (SPR) merupakan gelombang elektromagnetik yang terjadi akibat adanya tabrakan antara medan elektromagnetik dengan elektron-elektron di sekitar permukaan logam (Masykuroh dkk., 2020). Tiap logam memiliki *Surface Plasmon Resonance* (SPR) yang spesifik karena mampu menyerap pada panjang gelombang tertentu (Asworo dkk., 2023).

Pada penelitian ini, panjang gelombang daun sirsak dan panjang gelombang larutan AgNO₃ dapat dilihat pada Gambar 3 dimana tidak terdapat puncak absorbansi pada panjang gelombang 400-450 nm. Setelah larutan AgNO₃ dan ekstrak air daun sirsak dicampur, muncul puncak absorbansi pada panjang gelombang maksimum 405 nm untuk rasio campuran 1:9, panjang gelombang maksimum 365 nm untuk rasio campuran 3:7 dan panjang gelombang maksimum 355 nm untuk rasio campuran 5:5. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak dengan berbagai rasio campuran dapat dilihat pada Gambar 4.

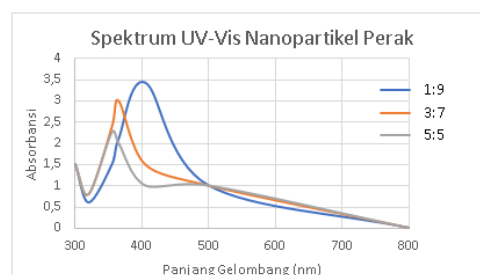
Dari skrining awal pembentukan nanopartikel perak terlihat pada rasio campuran 1:9 memiliki panjang gelombang maksimal

nanopartikel perak 405 nm. Pada beberapa penelitian menyatakan pembentukan nanopartikel perak ditandai dengan perubahan warna dan munculnya puncak intensitas plasmon resonansi permukaan pada panjang gelombang maksimum 400-450 nm (Fajri dkk., 2022; Lestari dkk., 2019; Fitriany dkk., 2023; Wulan Sari dan Fajri, 2018).

Pada rasio campuran 3:7 dan 5:5 tidak terbentuk NPAg. Rasio campuran sangat berpengaruh terhadap pembentukan nanopartikel perak. Bila konsentrasi atau volume bioreduktor yang digunakan kurang tepat maka proses reduksi ion Ag⁺ akan terus terjadi dimana bioreduktor tidak berperan sebagai *capping agent*. Hal ini yang menyebabkan panjang gelombang yang dihasilkan pada rasio 3:7 dan 5:5 tidak sesuai dengan panjang gelombang nanopartikel perak dan sampel yang diperoleh mudah beraglomerasi/tidak stabil sehingga akan menghasilkan produk berupa gumpalan-gumpalan kasar yang tidak berukuran nanometer.



Gambar 3. Spektrum UV-Vis Larutan AgNO₃ (a) dan Ekstrak Air Daun Sirsak (b)



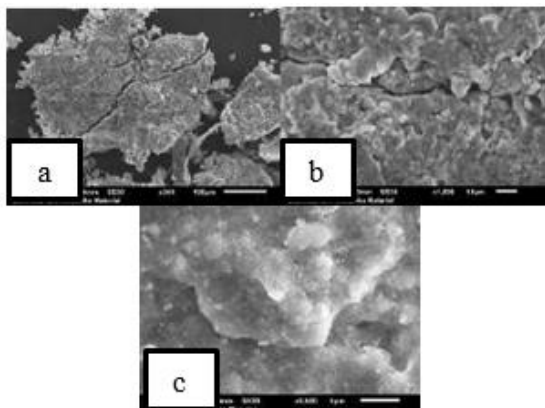
Gambar 4. Spektrum UV-Vis Nanopartikel Perak pada berbagai rasio campuran

Nanopartikel perak rasio campuran 1:9 selanjutnya dianalisis dengan SEM-EDX, TEM dan PSA

3.3.2 Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah mikroskop yang digunakan untuk mendeteksi permukaan dari suatu sampel dengan perbesaran 10-3.000.000 kali. Selain itu, SEM digunakan untuk menganalisis morfologi, kimia dan kristalografi (Inkson, 2016). *Energy Dispersive X-ray* (EDX) digunakan untuk mengidentifikasi komposisi yang terdapat pada suatu sampel serbuk (Kosimaningrum dkk., 2020).

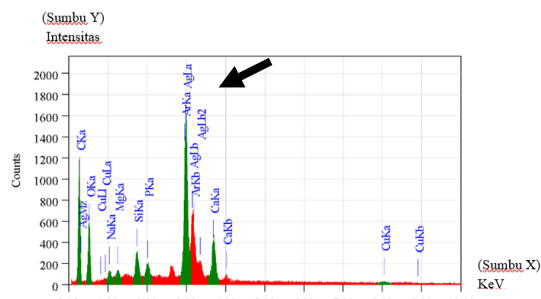
Pada penelitian ini dilakukan analisis SEM pada nanopartikel perak yang dihasilkan dari rasio campuran 1:9 dengan perbesaran yaitu 3500x, 1000x dan 200x. Sebelumnya sampel NPAg yang berupa koloid di sentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm sehingga menghasilkan serbuk NPAg. Hasil SEM menunjukan partikel-partikel yang saling berdekatan satu sama lainnya atau cenderung menggumpal. Hal ini terjadi karena nanopartikel perak mengalami aglomerasi saat disentrifugasi yang mengakibatkan bentuk nanopartikel perak kurang begitu jelas. Hasil uji SEM memperlihatkan morfologi nanopartikel perak yang cenderung menggumpal.



Gambar 5. Hasil uji SEM-EDX dengan berbagai perbesaran: (a) 200x, (b) 1000x, (c) 3500x

Hasil uji EDX memberikan informasi mengenai komposisi dari nanopartikel perak yang disintesis. Dari hasil analisis diperoleh data atom Ag terdeteksi pada puncak energi 2,983 keV. Berdasarkan tabel *Energy table for EDS analysis* atom Ag memiliki puncak energi sekitar 2,984 keV. Di beberapa penelitian diperoleh hasil EDX dari nanopartikel perak

sekitar 3 keV yang mengkonfirmasi terbentuknya nanopartikel perak karena terdapat sifat SPR (Ali dkk., 2023; Dias dkk., 2021). Hasil EDX dapat dilihat pada Gambar 6 dimana sumbu X menunjukkan energi keV senyawa sedangkan sumbu Y menunjukkan intensitas/ jumlah/konsentrasi senyawa-senyawa dalam sampel.

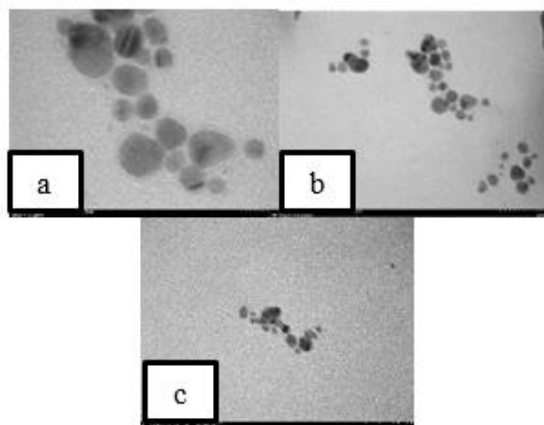


Gambar 6. Hasil Uji EDX

Selain atom Ag terdapat senyawa oksigen (O) dan karbon (C) yang memiliki presentase tertinggi pada uji EDX. Hal tersebut terjadi karena kandungan flavonoid dari sampel memiliki gugus oksigen (O) dan karbon (C) (Dias et al., 2021). Senyawa-senyawa lain yang terdeteksi kemungkinan berasal dari kandungan metabolit sekunder lainnya yang terdeteksi oleh instrumen EDX.

3.3.3 Transmission Electron Microscopy (TEM)

Transmission Electron Microscopy (TEM) adalah instrumen yang digunakan untuk mengetahui morfologi dan ukuran nanopartikel (William dkk., 2021). Prinsip kerja TEM yaitu dengan menembakkan elektron ke lapisan tipis sampel, sehingga komposisi struktur dalam sampel terdeteksi dari analisis sifat tumbukan, pantulan, dan sinar elektron yang menembus lapisan tipis sampel (Lestari dan Sartika, 2018). Dari hasil penelitian diperoleh hasil TEM yaitu partikel berbentuk bulat tidak beraturan. Dari beberapa penelitian, morfologi nanopartikel perak adalah bulat, oval, segitiga, heksagonal (Ezealisiji dkk., 2017; Gavamukulya dkk., 2020; Tamlarasi dan Meena, 2019). Hasil uji TEM dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Uji TEM dengan berbagai perbesaran. (a) perbesaran 300.000x, (b) 120.000x, (c) 60.000x

3.3.4 Particle Size Analyzer (PSA)

Particle Size Analyzer (PSA) memiliki prinsip untuk mengukur distribusi dari sebuah partikel dengan metode DLS (*Dynamic Light Scattering*) dengan menggunakan penyebaran sinar inframerah sehingga akan timbul reaksi gerak brown atau gerak acak koloidal partikel akibat benturan dari beberapa molekul dalam zat cair (Fadillah dan Anggi, 2022). Hasil PSA dari nanopartikel perak yang telah disintesis tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil PSA Nanopartikel Perak

Rasio	Z-average (nm)	PdI (polydispersity index)	Zeta potensial (mV)
1:9	39,31	0,8767	-21,36

Pada Tabel 2 terlihat bahwa ukuran nanopartikel perak yang diperoleh adalah 39,31 nm. Hal ini telah sesuai dengan karakter dari nanopartikel yaitu 1-100 nm. *Polydispersity Index* (PdI) adalah indeks keberagaman dari ukuran partikel perak. *Polydispersity Index* (PdI) yang baik bernilai dibawah 0,5 menandakan distribusi ukuran partikel yang baik (Dipahayu dan Kusumo, 2021). Sedangkan *polydispersity index* (PdI) dari penelitian ini diatas 0,5 sehingga ukuran nanopartikel yang diperoleh sangat beragam. Hasil ini sesuai dengan uji TEM dimana pada uji TEM menunjukkan ukuran partikel yang tidak beraturan atau kurang seragam. Zeta potensial bertujuan untuk melihat kestabilan nanopartikel. Zeta potensial dapat bernilai positif atau negatif tergantung kandungan dari bahan uji. Zeta potensial yang baik umumnya bernilai lebih besar dari +20 mV atau -20 mV

sehingga nanopartikel memiliki sifat lebih stabil (Hebeish dkk., 2013). Zeta Potensial dari penelitian ini adalah -21,36 mV sehingga dapat disimpulkan bahwa nanopartikel perak yang terbentuk tidak mudah untuk beragregasi atau bersifat stabil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa ekstrak air daun sirsak mengandung flavonoid, terpenoid, dan tanin. Sintesis nanopartikel perak dapat dilihat dari perubahan warna koloid dari kuning menjadi merah kecoklatan yang menandakan terbentuknya nanopartikel perak. Karakterisasi pada spektrofotometer UV-Vis memperoleh panjang gelombang maksimum yaitu 405 nm pada rasio campuran 1:9. Uji SEM-EDX memperoleh kandungan Ag dalam sampel paling tinggi diantara atom-atom lainnya namun bentuk dari NPAg kurang begitu jelas. Uji TEM menghasilkan bentuk morfologi nanopartikel perak bulat tidak beraturan. Uji PSA menunjukkan ukuran NPAg 39,31 nm dan nilai zeta potensial yaitu -21,36 mV yang berarti nanopartikel perak tidak mudah beragregasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali I.A.M., Ahmed, A. Ben, Al-Ahmed, H.I., (2023), Green synthesis and characterization of silver nanoparticles for reducing the damage to sperm parameters in diabetic compared to metformin. *Sci Rep* 13.
- Amanah, I. N., Indriyani, D. P., Muharomah, B. P., Fabiani, V. A. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Perak – Ekstrak Daun Pelawan (*Tristanopsis merguensis* Griff.) Termodifikasi PVA. *Fullerene Journal of Chemistry*, 6(2): 118-123
- Asworo, R.Y., Hanandayu Widwastuti, W., Widayanti, E. (2023). Sintesis Nanopartikel Perak menggunakan Ekstrak Kulit Sirsak sebagai Bioreduktor. *Indonesian Journal of Pharmaceutical (e-Journal)* 3, 2775–3670.
- Chugh, D., Viswamalya, V.S., Das, B. (2021), Green Synthesis Of Silver Nanoparticles With Algae And The Importance Of Capping Agents In The Process. *Journal Of Genetic Engineering And Biotechnology* 19.
- Dias, M.C., Pinto, D.C.G.A., Silva, A.M.S., 2021. Plant Flavonoids: Chemical

- Characteristics And Biological Activity. Molecules.
- Diningsih, A., Futri, C.L., Syahadat, A., Yaturramadhan, H., Farmasi, P., Aufa, U., Di, R., Padangsidempuan, K., Apoteker, P.P., Medistra, I., (2023), Karakteristik Dan Identifikasi Senyawa Metabolit Skunder Teh Daun Sirsak (*Annona Muricata* Linn).
- Dipahayu, D., Kusumo, G.G., (2021), Formulasi Dan Evaluasi Nano Partikel Ekstrak Etanol Daun Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas* L.) Varietas Antin-3. *Jurnal Sains Dan Kesehatan* 3, 781–785.
- Dwina, S., Arzi, H.A., Wisnuwardhani, R., 2020. Kajian Pustaka Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Tanaman Sebagai Bioreduktor Dan Aplikasinya. *Prosiding Farmasi* 6, 362–370.
- Ezealisiji, K.M., Noundou, X.S., Ukwueze, S.E., 2017. Green Synthesis And Characterization Of Monodispersed Silver Nanoparticles Using Root Bark Aqueous Extract Of *Annona Muricata* Linn And Their Antimicrobial Activity. *Applied Nanoscience (Switzerland)* 7, 905–911.
- Fajri, N., Putri, L.F.A., Prasetyo, 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, 33.
- Fitriany, E., Priyoherianto, A., Puspadina, V., Rizky Arif, M., Raudlotus Shofiyyah, M., Farmasi Mitra Sehat Mandiri Sidoarjo, A., Analisis Kesehatan Delima Husada, A., 2023. Green Synthesis Agnps Menggunakan Bioreduktor Alami Ekstrak Buah Kiwi: Biosintesis, Dan Karakterisasi: *Jurnal Sains Dan Teknologi* 6, 162–169.
- Gavamukulya, Y., Maina, E.N., Meroka, A.M., Madivoli, E.S., El-Shemy, H.A., Wamunyokoli, F., Magoma, G., 2020. Green Synthesis And Characterization Of Highly Stable Silver Nanoparticles From Ethanolic Extracts Of Fruits Of *Annona Muricata*. *J Inorg Organomet Polym Mater* 30, 1231–1242.
- Harborne, J.B., 1987, Metode Fitokimia, Institut Teknologi Bandung., Bandung
- Hebeish, A., El-Rafie, M.H., El-Sheikh, M.A., El-Naggar, M.E., 2013. Nanostructural Features Of Silver Nanoparticles Powder Synthesized Through Concurrent Formation Of The Nanosized Particles Of Both Starch And Silver. *J Nanotechnol* 2013.
- Ivan Fadillah, Anggi Arumsari, 2022. Kajian Literatur Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Reduktor Kimia Dan Biologi Serta Uji Aktivitas Antibakteri. *Jurnal Riset Farmasi* 1, 141–149.
- Jumini, S., 2017. *Jurnal Ppkm Ii: Nanoteknologi Manivestasi Nanosciences*.
- Kasim, S., Taba, P., Ruslan, Anto, R., 2020. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Sebagai Bioreduktor. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia* 6, 126–133.
- Kosimaningrum, W.E., Badra Pitaloka, A., Hidayat, S., Aisyah, W., Ramadhan, S., Rosyid, M.A., 2020. Sintesis Nanopartikel Perak Melalui Reduksi Spontan Menggunakan Reduktor Alami Ekstrak Kulit Lemon Serta Karakterisasinya Sebagai Antifungi Dan Antibakteri, *Jurnal Integrasi Proses*.
- Lestari, A.S., Sartika, D., 2018. Preparasi Dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Teknologi Technoscintia* 10, 7–10.
- Lestari, G.A.D., Suprihatin, I.E., Sibarani, J., 2019. Synthesis Of Silver Nanoparticles (Npag) Using Andaliman (*Zanthoxylum Acanthopodium* Dc.) Fruit Water Extract And Its Application In Indigosol Blue Photodegradation. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi* 22, 200–205.
- Masakke, Y., Rasyid Jurusan Kimia, M., Atematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri M Akassar Jl Dg Tata Raya, F.M., Akassar, M., 2015. Biosintesis Partikel-Nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia Mangostana* L.) Biosynthesis Of Silver Nanoparticles Using Methanol Extract Of Mangosteen Leaves (*Garcinia Mangostana* L.).
- Masykuroh, A., Nia Nurulita, N., 2022. Bioma : *Jurnal Biologi Makassar (On Line)* Potensi Ekstrak Kulit Jeruk Kunci (*Citrus Microcarpa Bunge*) Sebagai Bioreduktor Dalam Sintesis Nanopartikel Perak The Potency Of *Citrus Microcarpa Bunge* Extract As A Bioreductor In Synthesis Of Silver Nanoparticles.
- Masykuroh, A., Prodi, H.P., Farmasi, D., Farmasi, A., Pontianak, Y., 2020. Bioma : *Jurnal Biologi Makassar Potensi Tanaman Keladi Sarawak Alocasia Macrorrhizos*

- Dalam Biosintesis Nano Partikel Perak (Nnp): Analisis Surface Plasmon Resonance (Spr) Sebagai Fungsi Waktu The Potency Of Alocasia Macrorrhizos For Silver Nanoparticles (Agnp) Biosynthesis : Surface Plasmon Resonance (Spr) Analysis As A Time Function, On Line).
- Nurcahyo, R.Y., Wibawa, P.J., 2022. Fabrikasi Ramah Lingkungan Komposit Nano Karbon Aktif-Partikel Perak Dan Uji Aktifitas Antibakterinya. *Greensphere: Journal Of Enviromentan Chemistri* 2, 31–37.
- Oktavia, I.N., Sutoyo, S., 2021. Article Review: Synthesis Of Silver Nanoparticles Using Bioreductor From Plant Extract As An Antioxidant, *Unesa Journal Of Chemistry*.
- Pramiastuti, O., Istriningsih, E., Denis Parasdinata, Dan, Farmasi, P.S., Ilmu Kesehatan, F., Bhamada Slawi, U., 2023. Bhamada Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan Formulasi Sediaan Sabun Cair Antibakteri Ekstrak Daun Sirsak (*Annona Muricata* Linn).
- Purnamasari, G.A.P.P., Lestari, GAD., Cahyadi, K.D., Ketut Esati, N., Suprihatin, I.E., 2021. Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Air Daun Cemmern (Spondias Pinnata (L.F) Kurz.) Dan Aktivitasnya Sebbai Antibakteri, *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal Of Applied Chemistry*
- Purnomo, S.R., Rupiasih, N.N., Sumadiyasa, M., 2017. Sintesis Nanopartikel Perak Dengan Metode Biologi Menggunakan Ekstrak Tanaman Sambiloto (*Andrographis Paniculata* Ness). *Buletin Fisika* 18, 6.
- Putu, N., Artini, R., Wahjuni, S., Wahyu, D., Sulihingtyas, D., 2012. Ekstrak Daun Sirsak (*Annona Muricata* L.) Sebagai Antioksidan Pada Penurunan Kadar Asam Urat Tikus Wistar. *Jurnal Kimia*.
- Qurataayun, S., Rifai, Y., Rante, H., Kunci, K., Biosintesis, :, Citratus, C., 2022. Sintesis Hijau Nanopartikel Perak (Agnp) Menggunakan Ekstrak Daun Serai (*Cymbopogon Citratus*) Sebagai Bioreduktor. *Original Article Mff* 26, 124–128
- Taba, P., Parmitha, N.Y., Kasim, S., 2019. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium Polyanthum*) Sebagai Bioreduktor Dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan *Synthesis Of Silver Nanoparticles Using Syzygium Polyanthum Extract As Bioreductor And The Application As Antioxidant*, *J. Chem. Res.*
- Tamilarasi, P., Meena, P., 2019. Green Synthesis Of Silver Nanoparticles (Ag Nps) Using *Gomphrena Globosa* (Globe Amaranth) Leaf Extract And Their Characterization. In: *Materials Today: Proceedings*. Elsevier Ltd, Pp. 2209–2216.
- Trimulyadi Rekso, G., Sudradjat Pusat Aplikasi Teknologi Isotop Dan Radiasi-Batan, A., Lebak Bulus Raya No, J., 2018. Sintesis Ag Nano-Kitosan Dalam Pelarut Asam Asetat Dengan Iradiasi Sinar Gamma, *Pros. Semnas Kpk*.
- Tyavambiza, C., Elbagory, A.M., Madiehe, A.M., Meyer, M., Meyer, S., 2021. The Antimicrobial and Anti-Inflammatory Effects of Silver Nanoparticles Synthesised from *Cotyledon orbiculata* Aqueous Extract. *Nanomaterials*, 11, 1343
- Willian, N., Pardi, H., Kimia, P.P., Keguruan, F., Pendidikan, I., Maritim Raja, U., Haji, A., Riau, K., 2021. Review Biofabrication Of Silver And Gold Nanoparticles Using Plants Extract. *Jurnal Zarah* 9, 42–53.
- Wulan Sari, N., Fajri, M., 2018. Analisis Fitokimia Dan Gugus Fungsi Dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L)