

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK SEDERHANA DENGAN IRADIASI
MICROWAVE MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KERSEN (*Muntingia
calabura L.*) SEBAGAI BIOREDUKTOR**

**SYNTHESIS OF SIMPLE SILVER NANOPARTICLES BY MICROWAVE
IRRADIATION USING CHERRY LEAVES EXTRACT (*Muntingia calabura L.*)
AS A BIOREDUCTANT**

IRMAWANTI

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No. 62, Mataram 83125, Indonesia

*Email: irmawanti3010@gmail.com

Abstrak. Nanopartikel perak dapat disintesis dengan cara sederhana menggunakan iradiasi *microwave* yang memanfaatkan daun kersen (*Muntingia calabura L.*) sebagai bioreduktor. Pembentukan nanopartikel perak dikonfirmasi dengan perubahan warna larutan dari kuning menjadi kuning kecoklatan. Kondisi optimum untuk mensintesis nanopartikel perak yaitu pada konsentrasi 0,01 M, pH 7, energi *microwave* dengan daya 20 % dan waktu iradiasi selama 9 menit. Nanopartikel perak yang disintesis diketahui memiliki stabilitas yang baik. Karakterisasi ukuran dan morfologi nanopartikel perak yang disintesis dilakukan menggunakan spektroskopi UV-Vis, FTIR, XRD, TEM, dan SEM. Analisis menggunakan UV-Vis diperoleh panjang gelombang maksimum nanopartikel perak pada 413 nm. Analisis FTIR menunjukkan bahwa gugus hidroksil (-OH) dan karbonil (C=O) ekstrak daun kersen berperan penting dalam sintesis nanopartikel perak. Analisis XRD menunjukkan adanya kesesuaian pola difraksi dengan referensi dan disimpulkan terbentuk kristal nanopartikel perak berupa *Face Centered Cubic* (FCC). Hasil analisis menggunakan TEM menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang terbentuk dalam skala nanometer dengan ukuran terkecil yaitu 12,987 nm dan terbesar 37,988 nm. Ukuran rata-rata nanopartikel perak yaitu 22,28 nm. Morfologi nanopartikel perak menggunakan SEM terlihat partikel berbentuk *spherical*.

Kata kunci : sintesis, nanopartikel perak, iradiasi *microwave*, daun kersen.

Abstract. Silver nanoparticles can be synthesized in a simple way using a microwave irradiation using cherry leaves (*Muntingia calabura L.*) as a bioreductant. The formation of silver nanoparticles was confirmed by a change in the color of the solution from yellow to brownish yellow. The optimum conditions for synthesizing silver nanoparticles were at a concentration 0,01 M, pH 7, microwave energi with 20 % power and irradiation time for 9 minutes. The synthesized silver nanoparticles are known to have good stability. The size and morphology characterization of the synthesized silver nanoparticles was carried out using UV-Vis spectroscopy, FTIR, TEM, XRD and SEM. Analysis using UV-Vis obtained the maximum wavelength of silver nanoparticles at 413 nm. FTIR analysis showed that the hydroxyl (-OH) and carbonyl (C=O) groups of cherry leaf extract played an important role in the synthesis of silver nanoparticles. XRD analysis showed that the diffraction pattern

matched the reference and concluded that silver nanoparticle crystals were formed in the form of Face Centered Cubic (FCC). The results of the analysis using TEM showed that the silver nanoparticles formed in the nanometer scale with the smallest size of 12,987 nm and the largest of 37,988 nm. The average size of the silver nanoparticles is 22,28 nm. The morphology of silver nanoparticles using SEM shows that the particles are spherical in shape.

Key words: synthesis, silver nanoparticles, microwave irradiation, cherry leaf.

PENDAHULUAN

Nanoteknologi menjadi bidang yang tumbuh paling cepat, berbagai aplikasi sains dan teknologi dapat menciptakan material baru. Pengembangan nanoteknologi yang sedang berkembang yaitu sintesis nanopartikel (Ariyanta, 2014). Berbagai jenis nanopartikel saat ini telah banyak disintesis seperti nanopartikel emas, perak, besi, zink, dan logam oksida. Nanopartikel perak memiliki keunggulan dibandingkan dengan nanopartikel emas karena sifat optis nanopartikel perak lebih baik (Prasad dkk., 2013). Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mensintesis nanopartikel perak yaitu secara fisika dan secara kimia. Penggunaan metode fisika dan kimia memiliki kekurangan, yaitu pada metode fisika dibutuhkan penggunaan energi yang tinggi dan metode kimia akan menghasilkan akhir residu. Selain itu, pada kedua metode tersebut memerlukan biaya yang cukup mahal (Renugadevi dan Aswini, 2012). Metode *green synthesis* dikenalkan sebagai metode yang sederhana, murah dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor (Taba dkk., 2019).

Banyak jenis tumbuhan yang dapat dijadikan reduktor dalam sintesis nanopartikel perak, salah satunya yaitu daun kersen (*Muntingia calabura* L.). Uji fitokimia dari daun kersen mengandung senyawa flavonoid, triterpenoid, alkaloid, saponin, dan steroid (Arum dkk., 2012). Senyawa-senyawa yang terdapat dalam ekstrak daun tersebut akan digunakan sebagai reduktor dan *capping agent* atau agen penstabil dalam sintesis nanopartikel perak (Fabiani dkk., 2018). Nanopartikel perak umumnya disintesis dengan metode pemanasan konvensional, namun metode tersebut membutuhkan waktu yang lama, pemanasan tidak merata, dan tidak efisien. Oleh karena itu, muncul metode menggunakan iradiasi *microwave*. Keuntungan dalam sintesis nanopartikel menggunakan iradiasi *microwave*

yaitu waktu yang dibutuhkan lebih singkat, panas yang dihasilkan dapat merata, dan inti nanopartikel yang dihasilkan lebih seragam (Nadagouda dkk., 2010). Sintesis dengan iradiasi *microwave* dijadikan alternatif untuk menghasilkan produk akhir nanopartikel perak yang lebih seragam dan waktu sintesis yang lebih singkat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mensintesis nanopartikel perak secara sederhana menggunakan ekstrak daun kersen dengan bantuan iradiasi *microwave* dan mengetahui karakteristik nanopartikel perak dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis, FTIR, XRD, TEM dan SEM.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah batang pengaduk, blender, botol vial, corong, erlenmeyer, gelas arloji, gelas kimia, gelas ukur, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *microwave*, oven, pH meter, pipet tetes, pipet volum, rubber bulb, sentrifugator, spektrofotometer UV-Vis, FT-IR, XRD, TEM, dan SEM. Sedangkan bahan yang digunakan adalah daun kersen yang diperoleh dari kecamatan Pringgarata, aquades, kertas saring, serbuk natrium hidroksida (NaOH) dan serbuk perak nitrat (AgNO_3).

Ekstraksi Daun Kersen

Daun kersen dicuci bersih, dikering anginkan, diblender hingga halus dan ditimbang sebanyak 5 g. Aquades sebanyak 100 mL dipanaskan pada suhu 65 °C dan dimasukkan serbuk daun kersen yang sudah ditimbang. Campuran didinginkan dan disaring. Filtrat yang diperoleh disimpan dalam botol kaca untuk kemudian digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak (Taba dkk., 2019).

Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan menggunakan metode Fatimah dan Mutiara (2016) yang sudah dimodifikasi. Ekstrak daun kersen sebanyak 10 mL dicampurkan dengan 10 mL larutan AgNO_3 0,01 M tetes demi tetes. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit dan dimasukkan ke dalam *microwave* dengan daya 20 % selama 9 menit. Larutan hasil sintesis di analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 200-700 nm. Penentuan kondisi optimum yang meliputi konsentrasi AgNO_3 (0,001; 0,005; dan 0,01 M); pH 5,7 dan 9;

energi *microwave* pada daya 20,40 dan 60 %; dan waktu iradiasi *microwave* selama 5, 7 dan 9 menit juga dilakukan pada penelitian ini.

Stabilitas Nanopartikel Perak

Kestabilan nanopartikel perak dianalisis dengan menyimpan larutan hasil sintesis di suhu ruang dan suhu lemari es. Larutan diukur panjang gelombang dan absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis secara berulang selama 13 hari dengan selisih waktu pengamatan 1 hari.

Karakterisasi Nanopartikel Perak

Larutan nanopartikel perak hasil sintesis disentrifugasi pada kecepatan 7000 rpm selama 45 menit. Endapan yang diperoleh dicuci dengan aquades lalu disentrifugasi kembali pada kecepatan 13000 rpm selama 20 menit. Endapan yang dihasilkan dikeringkan menggunakan oven. Endapan tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut dengan FT-IR, XRD, TEM dan SEM.

HASIL DAN DISKUSI

HASIL

Ekstraksi dan Uji Fitokimia Ekstrak Daun Kersen

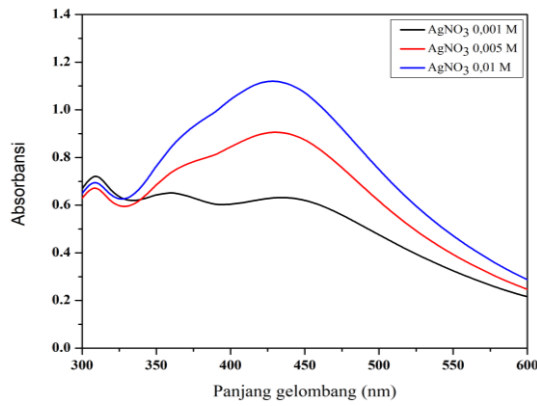
Tabel 1. Hasil uji fitokimia ekstrak daun kersen

Metabolit Sekunder	Hasil Pengujian
Alkaloid	+
Saponin	+
Tanin	+
Flavonoid	+
Triterpenoid	-
Steroid	-

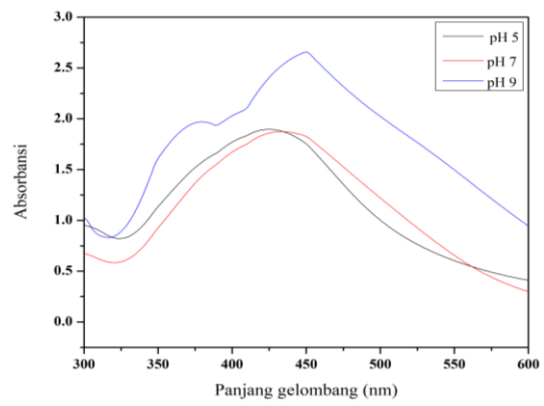
Sintesis Nanopartikel Perak



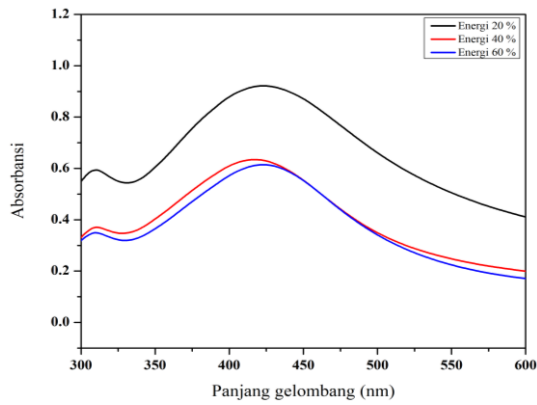
Gambar 1. Perbandingan ekstrak daun kersen (kiri) dan nanopartikel perak (kanan)



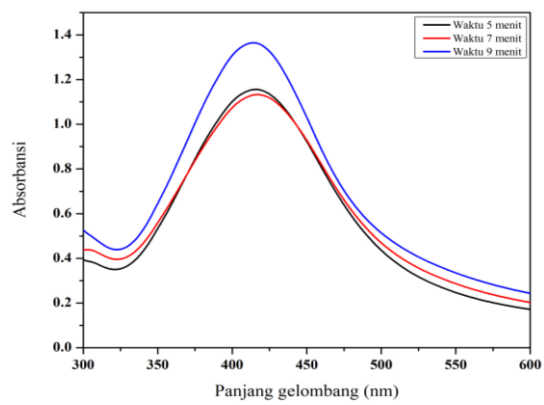
(a)



(b)



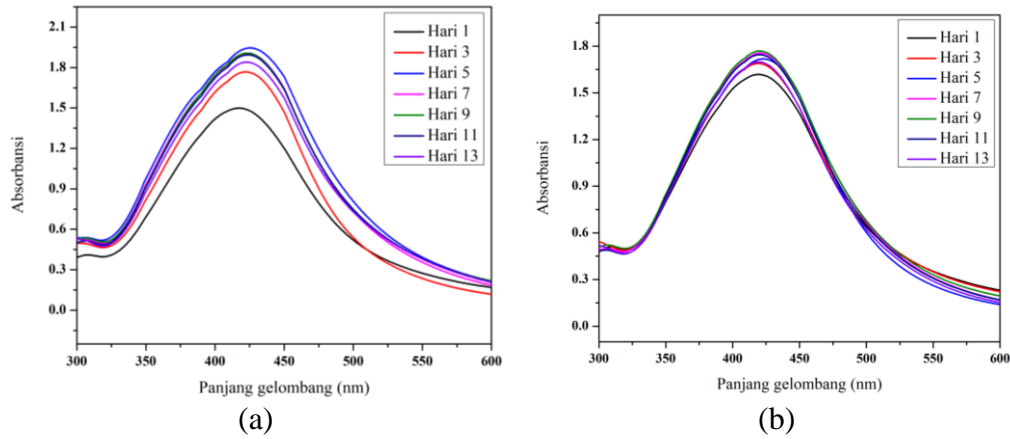
(c)



(d)

Gambar 2. Spektrum UV-Vis penentuan kondisi optimum (a) Konsentrasi larutan AgNO₃; (b) pH; (c) Energi *microwave*; dan (d) Waktu iradiasi *microwave*

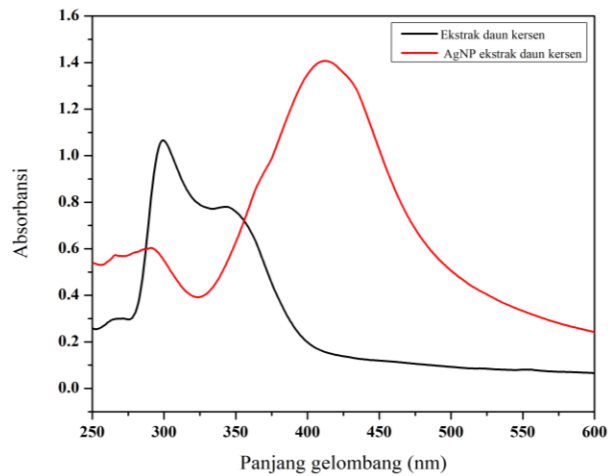
Stabilitas Nanopartikel Perak



Gambar 3. Spektrum kestabilan nanopartikel perak ekstrak daun kersen penyimpanan pada (a) Suhu ruang, (b) Suhu lemari es

Karakterisasi Nanopartikel Perak

Spektrofotometer UV-Vis

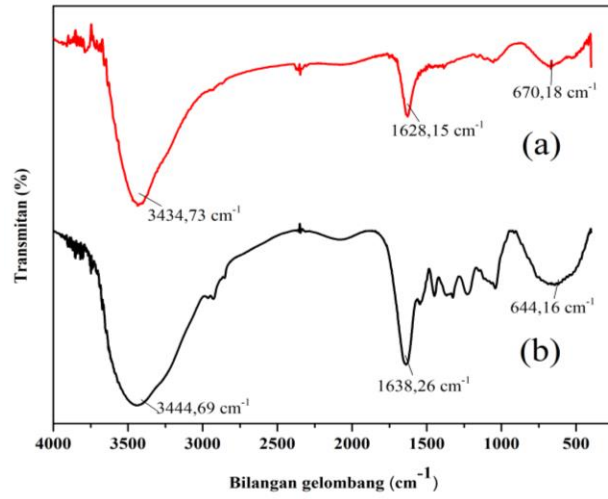


Gambar 4. Spektrum UV-Vis ekstrak daun kersen dan nanopartikel perak

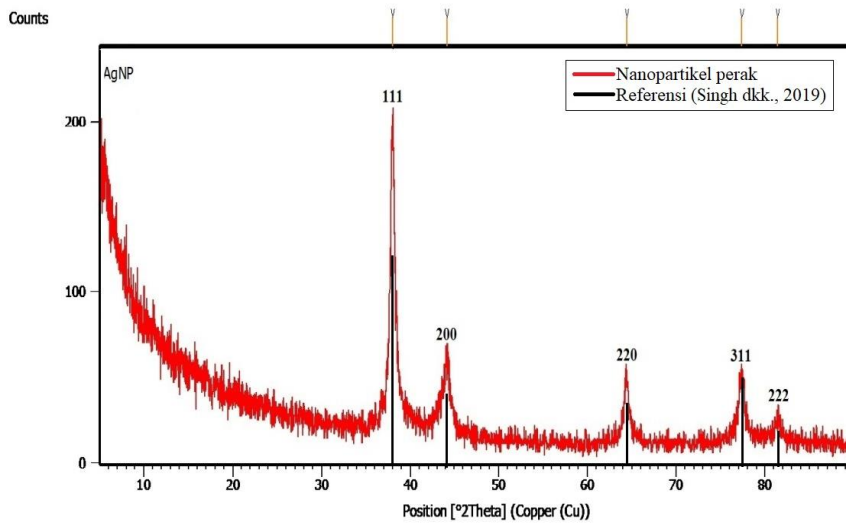
FTIR (*Fourir Transform Infrared Spectroscopy*)

Tabel 2. Perbandingan spektrum bilangan gelombang nanopartikel perak dan ekstrak daun kersen

Bilangan gelombang (cm^{-1})		Gugus fungsi	Referensi
Ekstrak daun kersen	Nanopartikel perak		
3444,69	3434,73	Regangan O-H	3442
1638,26	1628,15	Regangan C=O	1643

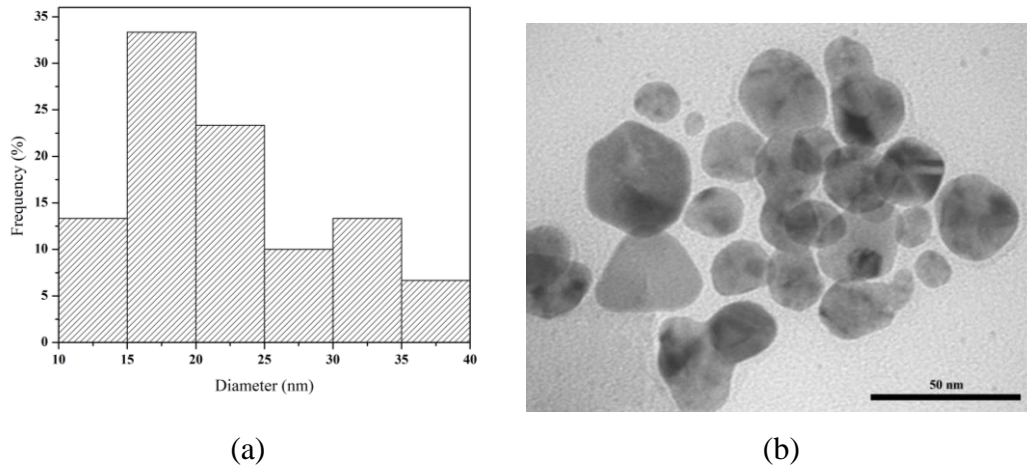


Gambar 5. Spektrum FT-IR; (a) Nanopartikel perak; dan (b) Ekstrak daun kersen
XRD (*X-Ray Diffraction*)



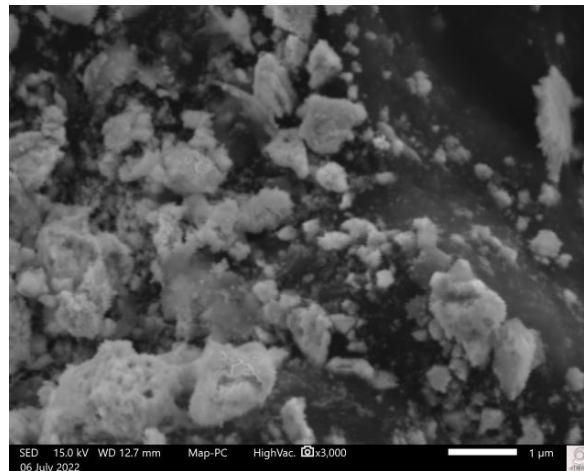
Gambar 6. Difraktogram XRD nanopartikel perak ekstrak daun kersen

TEM (*Transmission Electron Microscopy*)



Gambar 7. Hasil analisis TEM (a) Grafik distribusi ukuran nanopartikel perak; dan (b) Morfologi nanopartikel perak ekstrak daun kersen

SEM (*Scanning Electron Microscopy*)



Gambar 8. Morfologi nanopartikel perak ekstrak daun kersen dengan SEM

DISKUSI

Ekstraksi dan Uji Fitokimia Ekstrak Daun Kersen

Pelarut yang digunakan dalam penelitian ini berupa aquades karena lebih ekonomis, mudah diperoleh, tidak menguap, tidak beracun, tidak mudah terbakar dan stabil (Fabiani dkk., 2018). Ekstrak daun kersen yang dihasilkan berwarna kuning. Skrining fitokimia bertujuan untuk mengetahui golongan metabolit sekunder yang terkandung dalam daun

kersen yang memiliki kemampuan sebagai bioreduktor dan *capping agent* dalam sintesis nanopartikel perak. Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan hasil uji pada daun kersen bahwa sampel tersebut mengandung senyawa alkaloid, saponin, tanin, dan flavonoid.

Sintesis Nanopartikel Perak

Nanopartikel perak yang disintesis dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor merupakan salah satu metode untuk meminimalisir penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya dan tidak ramah lingkungan (Thakkar dkk., 2010). Terbentuknya nanopartikel perak dapat dilihat dari perubahan warna larutan ketika ekstrak ditetesi AgNO_3 menjadi kuning kecoklatan. Larutan hasil sintesis dipanaskan menggunakan *microwave* untuk memperoleh hasil nanopartikel yang seragam diikuti pertumbuhan kristal yang cepat. Pengukuran panjang gelombang dan nilai absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk membuktikan bahwa reaksi reduksi sedang berlangsung. Terbentuknya nanopartikel perak diketahui dari puncak absorbansi dan panjang gelombang kisaran 400-450 nm (Solomon dkk., 2007).

Spektrum UV-Vis penentuan kondisi optimum untuk mensintesis nanopartikel perak dapat dilihat pada Gambar 2. Spektrum UV-vis optimasi konsentrasi pada Gambar 2a menunjukkan panjang gelombang maksimum yang sama yaitu 432 nm dan nilai absorbansi berbeda-beda. Konsentrasi larutan AgNO_3 0,001 M memiliki nilai absorbansi sebesar 0,640. Selanjutnya pada konsentrasi AgNO_3 0,005 dan 0,01 M memiliki nilai absorbansi sebesar 0,925 dan 1,149. Nanopartikel perak dari ketiga variasi konsentrasi larutan AgNO_3 , menunjukkan semakin kecil konsentrasi larutan AgNO_3 yang digunakan maka semakin kecil absorbansi yang terbentuk. Sebaliknya, semakin besar konsentrasi larutan AgNO_3 yang digunakan maka semakin besar absorbansi yang terbentuk (Seku dkk., 2018). Dari ketiga variasi konsentrasi larutan AgNO_3 , dipilih konsentrasi larutan AgNO_3 0,01 M sebagai konsentrasi optimum.

Optimasi pH merupakan salah satu faktor kunci yang memainkan peran utama dalam sintesis nanopartikel perak untuk mengetahui kestabilan pada pH tertentu. Dari ketiga variasi pH yang dibuat pada Gambar 2b menunjukkan panjang gelombang maksimum yang sama yaitu 432 nm dengan nilai absorbansi berbeda-beda. Nilai absorbansi

pada pH 5 yaitu 2,004. Selanjutnya pada pH 7 dan 9 memiliki nilai absorbansi 2.022 dan 2,942. Dari ketiga variasi pH tersebut, dipilih pH 7 sebagai pH optimum.

Optimasi energi dilakukan untuk mengetahui energi optimum yang dibutuhkan untuk terbentuknya nanopartikel perak. Spektrum UV-Vis pada gambar 2c menunjukkan energi 20 % (160 watt) pada *microwave* memiliki nilai absorbansi 0,930 dan panjang gelombang maksimum 423 nm. Selanjutnya pada energi 40 % (320 watt) pada *microwave* memiliki nilai absorbansi 0,648 dan panjang gelombang maksimum 418 nm. Lalu pada energi 60 % (480 watt) pada *microwave* memiliki nilai absorbansi 0,627 dan panjang gelombang maksimum 423 nm. Dari ketiga variasi energi tersebut, energi 20 % pada *microwave* dipilih sebagai energi optimum karena memiliki nilai absorbansi paling besar. Arifin dkk. (2016) menyatakan bahwa nanopartikel perak disintesis menggunakan iradiasi *microwave* berdaya rendah yaitu 160 W (20 %).

Optimasi waktu iradiasi dilakukan untuk mengetahui waktu optimum yang dibutuhkan untuk terbentuknya nanopartikel perak. Spektrum UV-Vis pada gambar 2d menunjukkan waktu iradiasi selama 5 menit memiliki nilai absorbansi 1,190 dan panjang gelombang maksimum 415 nm. Selanjutnya pada waktu iradiasi selama 7 menit memiliki nilai absorbansi 1,162 dan panjang gelombang maksimum 416 nm. Lalu pada waktu iradiasi selama 9 menit memiliki nilai absorbansi 1,411 dan panjang gelombang maksimum 413 nm. Dari ketiga variasi waktu tersebut, waktu iradiasi selama 9 menit dipilih sebagai waktu optimum karena memiliki panjang gelombang maksimum paling kecil dan nilai absorbansi paling besar. Arifin dkk., (2016) menyatakan bahwa nilai panjang gelombang maksimum mengalami penurunan menandakan ukuran nanopartikel perak semakin kecil dan absorbansi mengalami kenaikan sehingga mencapai titik optimal. Jadi, kondisi optimum untuk mensintesis nanopartikel perak pada penelitian ini yaitu pada konsentrasi 0,01 M, pH 7, energi 20 % dan waktu 9 menit.

Stabilitas Nanopartikel Perak

Kestabilan nanopartikel perak dapat diketahui dari terjadinya perubahan puncak serapannya. Jika terjadi pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan kestabilan nanopartikel perak rendah karena telah terjadi peristiwa aglomerasi (Ariyanta, 2014). Nanopartikel perak yang disimpan pada suhu ruang (Gambar

3a) dan suhu lemari es (Gambar 3b) hari pertama berada pada panjang gelombang 432 nm. Setelah penyimpanan selama tiga hari terjadi pergeseran panjang gelombang menjadi 430 nm sampai dengan penyimpanan selama 13 hari. Jadi, nanopartikel perak yang disimpan pada suhu ruang maupun suhu lemari es dikatakan stabil. Hal tersebut ditandai dengan tidak terjadinya perubahan puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar.

Karakterisasi Nanopartikel Perak

Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi nanopartikel perak menggunakan spektrofotometer UV-vis pada Gambar 4 menunjukkan spektrum ekstrak daun kersen mempunyai puncak absorbansi 1,094 pada bilangan gelombang 298 nm. Ekstrak daun kersen yang ditetesi larutan AgNO_3 mengalami perubahan spektrum pada puncak absorbansi 1,411 dengan bilangan gelombang 413 nm. Hasil yang diperoleh sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Anwar dkk. (2021) yang memperoleh nanopartikel perak pada panjang gelombang 413 nm menggunakan ekstrak daun *Tamarix articulata*. Bilangan gelombang maksimum yang sangat jauh berbeda dari ekstrak daun kersen dengan setelah ditetesi AgNO_3 menandakan bahwa telah terjadi proses reduksi Ag^+ menjadi Ag.

FT-IR

Karakterisasi nanopartikel perak menggunakan FT-IR menunjukkan pita serapan dari ekstrak daun kersen Gambar 5b pada daerah bilangan gelombang $3444,69 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi $-\text{OH}$ dan pada daerah bilangan gelombang $1638,26 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$. Pita serapan dari nanopartikel perak ekstrak daun kersen Gambar 5a pada daerah spektrum $3434,73 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi $-\text{OH}$. Selain itu, pada daerah bilangan gelombang $1628,15 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$. Wahab dkk. (2018) menyatakan bahwa pita serapan yang biasanya muncul pada daerah bilangan gelombang 3442 cm^{-1} diduga adanya regangan $-\text{OH}$ dan pita serapan yang biasanya muncul pada daerah bilangan gelombang 1618 cm^{-1} diduga adanya regangan $\text{C}=\text{O}$. Terjadinya pergeseran bilangan gelombang antara ekstrak daun kersen dengan nanopartikel perak ekstrak daun kersen menunjukkan terjadinya interaksi antar gugus fungsi (Taba dkk., 2019). Pergeseran spektrum

antara ekstrak daun kersen dengan nanopartikel perak daun kersen tersebut menunjukkan terjadinya proses reduksi ion Ag^+ menjadi Ag.

XRD

Karakterisasi nanopartikel perak menggunakan XRD pada Gambar 6 menunjukkan difraktogram yang dihasilkan menunjukkan puncak yang cukup tajam yang membuktikan telah terbentuk nanopartikel perak. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai 2θ dari nanopartikel perak berturut-turut yaitu 37,98; 44,15; 64,66; 77,39; dan 81,41 yang mendekati data difraktogram perak standard yaitu 38,11; 44,30; 64,44; 77,40 dan 82,15. Puncak-puncak tersebut ditandai dengan indeks miller masing-masing yaitu (111), (200), (220), (311) dan (222) (Singh dkk., 2019). Adanya kesesuaian antara pola difraksi dengan referensi tersebut disimpulkan kristal nanopartikel perak berbentuk *Face Centre Cubic* (FCC).

TEM

Hasil analisis menggunakan TEM pada Gambar 7 menunjukkan bahwa partikel perak memiliki ukuran dalam skala nanometer dengan ukuran terkecil adalah 12,987 nm dan yang terbesar yaitu 37,988 nm. Ukuran rata-rata yang dihasilkan yaitu 22,28 nm. Hasil yang diperoleh tersebut tidak jauh beda dengan penelitian yang dilakukan oleh Arifin dkk. (2016) yang memperoleh rata-rata ukuran nanopartikel 21,04 nm menggunakan daun jambu biji.

SEM

Hasil analisis nanopartikel perak menggunakan SEM pada Gambar 8 diketahui partikel berbentuk *spherical*. Wahab dkk. (2018) memperoleh hasil analisis menggunakan SEM yaitu nanopartikel perak berbentuk *spherical* dan agak memanjang. Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa bentuk nanopartikel perak lebih seragam apabila dilakukan sintesis dengan bantuan iradiasi *microwave*.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nanopartikel perak dapat disintesis dengan iradiasi *microwave* menggunakan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura L.*) sebagai bioreduktor dan *capping agent* dengan kondisi optimum pada konsentrasi larutan AgNO_3 0,01 M, pH 7, energi *microwave* dengan daya 20 % dan waktu iradiasi selama 9 menit. Nanopartikel perak yang disintesis diketahui memiliki stabilitas yang baik. Karakterisasi nanopartikel perak yang terbentuk menggunakan ekstrak daun kersen didapatkan hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis terdapat pada panjang gelombang 413 nm. Analisis FTIR menunjukkan gugus fungsi –OH dan C=O yang kemungkinan terlibat dalam pembentukan nanopartikel perak. Analisis XRD menunjukkan adanya kesesuaian pola difraksi dengan referensi dan disimpulkan terbentuk kristal nanopartikel perak berupa *Face Centered Cubic* (FCC). Analisis TEM didapatkan ukuran nanopartikel terkecil yaitu 12,987 nm dan terbesar 37,988 nm. Nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 22,28 nm. Morfologi nanopartikel perak menggunakan SEM terlihat partikel berbentuk *spherical*.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Bapak Dr. Dhony Hermanto, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing I
2. Ibu Murniati, S.Pd., M.Sc. selaku dosen pembimbing II
3. Ibu Dr. Ni Komang Tri Dharmayani, S.Si., M.Si. selaku dosen pembahas I
4. Ibu Sri Seno Handayani, S.T., M.T. selaku dosen pembahas II
5. Segenap dosen dan seluruh Staff Akademik Fakultas MIPA

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S., Almatroodi, S.A., Almatroudi, A., Allemailem, K.S., Joseph, R.J., Khan, A.A., Airumaihi, F., Alsahli, M.A., dan Rahmani, A.H., 2021, Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using *Tamarix Articulate* Leaf Extract: An Effective Approach For Attenuation of Oxidative Stress Mediated Diseases, *International Journal of Food Properties*, 24(1): 677-701.
- Arifin, N., Harjono, H., dan Wijayati, N., 2016, Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Daun Jambu Biji (*Psidium guajava L.*) dengan *Irradiasi Microwave*, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3): 195-201.
- Ariyanta, H.A., 2014, Preparasi Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri Penyebab Infeksi, *Indonesian Journal Chemistry*, 3(1), 1-6.
- Arum, Y.P., Supartono, dan Sudarmin.,2012, Isolasi dan Uji Daya Antimikroba Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia Calabura*), *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 35(2): 165-174.
- Fabiani, V.A., Sutanti, F., Silvia, D., dan Putri, M.A., 2018, Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratogeomom glaucum*) Melalui *Irradiasi Microwave* Serta Uji Aktivitasnya Sebagai Antibakteri, *Fullerene Journal of Chemistry*, 4(2): 96-101.
- Fatimah, I., dan Mutiara, N.A.L., 2016, Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Putri Malu (*Mimosa pudica*) Leaves Extract and Microwave Irradiation Method, *Molekul*, 11(2): 288-298.
- Nadagouda, M.N., Speth, T.F., dan Varma, R.S., 2010, Microwave-Assisted Green Synthesis of Silver Nanostructures, *Accounts of Chemical Research*, 44(7).
- Prasad, S. B., Aeri, V., dan Yashwanti, 2013, Current Understanding of Synthesis and Pharmacological Aspects of Silver Nanoparticles, *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 1(7): 536-547.
- Renugadevi, K., dan Aswini, R.V., 2012, Microwave Irradiation Assisted Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Azadirachta Indica* Leaf Extract as A Reducing Agent and In Vitro Evaluation of Its Antibacterial and Anticancer Activity, *International Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 2(2): 5-10.
- Singh, A., Gaud, B., dan Jayohaye, S., 2019, Optimization of Synthesis Parameters of Silver Nanoparticles and Its Antimicrobial Activity, *Journal Pre-Proofs*, 1-9.
- Solomon, S.D., Bahadory, M., Jeyarajasingam, A.V., Rutkowsky, S.A., dan Boriz, C., A.V., 2007, Synthesis and Study of Silver Nanoparticles, *Journal of Chemical Education*, 84(2): 322-325.

- Taba, P., Parmitha, N.Y., dan Kasim, S., 2019, Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Sebagai Bioreduktor dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan, Indonesian Journal Chemistry, 7(1): 51-60.
- Thakkar, K.N., Snehit, S., Mhatre, S.S., Rasesh, Y., Parikh, M., S., 2010, Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles, Nanomedicine : Nnaotechnology, Biology, and Medicine, 257-262.
- Wahab, A.W., Karim, A., Nafie, N.L., Nurafni, dan Sutapa, I.W., 2018, Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Muntingia calabura L.* Extract as Bioreduktor and Applied as Glucose Nanosensor, Oriental Journal of Chemistry, 34(6): 3088-3094.