

SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN LAMTORO (*Leucaena leucocephala* L.) SEBAGAI BIOREDUKTOR DENGAN BANTUAN IRADIASI *MICROWAVE*

SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING LAMTORO (*Leucaena leucocephala* L.) LEAVES EXTRACT AS BIOREDUCTOR ASSISTED BY MICROWAVE IRRADIATION

DISKA NILA CAHYANI

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

*Email: diskanilac@gmail.com

Abstrak. Sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan menggunakan metode reduksi dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor dengan bantuan iradiasi *microwave*. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun lamtoro sebagai bioreduktor dan mengetahui karakteristik nanopartikel perak yang terbentuk. Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan mereaksikan ekstrak daun lamtoro dan larutan AgNO_3 dengan perbandingan 1:1. Optimasi konsentrasi larutan AgNO_3 , pH, energi *microwave*, dan waktu iradiasi juga dilakukan pada penelitian ini. Karakterisasi nanopartikel perak yang terbentuk dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis, FT-IR, XRD, SEM, dan TEM. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, kondisi optimum untuk mensintesis nanopartikel perak yaitu pada konsentrasi AgNO_3 0,01 M; pH 7; energi *microwave* pada daya 20 % dan waktu iradiasi selama 7 menit. Karakteristik nanopartikel perak yang terbentuk memiliki warna kuning kecokelatan pada panjang gelombang 432 nm, memiliki struktur *face centered cubic* (FCC), bentuk *spherical* dengan ukuran pada rentang 13,71-26,65 nm dan rata-rata ukuran sebesar $19,74 \pm 3,49$ nm. Adapun gugus fungsi yang kemungkinan berperan penting dalam proses sintesis nanopartikel perak adalah gugus $-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$ dan $\text{C}-\text{O}$ sehingga dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun lamtoro mampu berperan sebagai bioreduktor sekaligus *capping agent* dalam mensintesis nanopartikel perak.

Kata kunci: Sintesis, nanopartikel perak, daun lamtoro, bioreduktor, iradiasi *microwave*.

Abstract. Synthesis of silver nanoparticles was carried out by a reduction method using plant extract as bioreduktor assisted by microwave irradiation. This study aims to synthesize silver nanoparticles using lamtoro leaves extract as bioreduktor and to determine the characterization of silver nanoparticles. The synthesis of silver nanoparticles was conducted by mixing lamtoro leaves extract and AgNO_3 solution with a ratio of 1:1. AgNO_3 precursor concentration, pH, energy of microwave and period of irradiation were also optimized. Characterization of silver nanoparticles were done by using UV-Vis spectrophotometer, FT-IR, XRD, SEM, and TEM. Based on the research, the optimum conditions to synthesize silver nanoparticles were at concentration of AgNO_3 0,01 M; pH 7; energy of microwave 20 % and period of irradiation for 7 minutes. The characteristic of silver nanoparticles are brownish-yellow with a wavelength of 432 nm, have a face centered cubic structure (FCC), spherical in shape with the ranged in size from 13,17 to 26,65 nm and an average size of $19,74 \pm 3,49$ nm. Furthermore, it is known that the functional groups that might played an important roles in silver nanoparticles synthesis are $-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$ and $\text{C}-\text{O}$. So it can be concluded that lamtoro leaves extract can act as a bioreduktor as well as *capping agent* to synthesize silver nanoparticles.

Key words: Synthesis, silver nanoparticles, lamtoro leaves, bioreduktor, microwave irradiation.

PENDAHULUAN

Nanopartikel perak merupakan partikel logam perak yang memiliki ukuran 1-100 nm dan memiliki banyak kegunaan dalam berbagai macam bidang, diantaranya sebagai detektor, katalis, zat pelapis permukaan, antibakteri dan antioksidan (Melkamu dan Bitew, 2022). Nanopartikel perak secara umum dapat disintesis dengan menggunakan metode fisika dan kimia, akan tetapi metode ini mempunyai banyak kelemahan, diantaranya penggunaan bahan berbahaya yang bisa menyebabkan pencemaran lingkungan, menghasilkan produk samping yang beracun dan membutuhkan energi yang tinggi (Xu dkk., 2020). Oleh karena itu, metode *green synthesis* dikembangkan untuk mensintesis nanopartikel perak dengan metode yang lebih sederhana, ramah lingkungan dan hemat biaya. Prinsip dari sintesis nanopartikel perak secara *green synthesis* adalah memanfaatkan bahan biologis seperti tumbuhan untuk dijadikan sebagai bioreduktor (Prasetiowati dkk., 2018). Tanaman mengandung metabolit sekunder yang bisa dijadikan sebagai bioreduktor untuk mereduksi ion Ag^+ menjadi nanopartikel perak (Indah dkk., 2022).

Salah satu tanaman yang bisa dijadikan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak adalah lamtoro. Menurut Renganathan dkk (2021), daun lamtoro mengandung metabolit sekunder berupa tanin, saponin, flavonoid, steroid, terpenoid, triterpenoid, antrakuinon, polifenol, glikosida dan kumarin. Sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan dengan berbagai metode dan salah satu metode yang belakangan ini dijadikan sebagai teknik yang menjanjikan adalah irradiasi *microwave* karena memiliki beberapa kelebihan, diantaranya pemanasan yang cepat dan merata (Chung *et al.*, 2018), waktu reaksi yang relatif singkat, konsumsi energi yang rendah dan produk yang dihasilkan lebih baik (Torabfam & Yuce, 2020). Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak daun lamtoro sebagai bioreduktor dengan bantuan irradiasi *microwave* dan untuk mengetahui karakterisasinya.

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, SEM dan TEM. Sedangkan bahan yang digunakan adalah daun lamtoro yang diperoleh dari desa Prai Meke kecamatan Praya Tengah, aquades, kertas saring, serbuk natrium hidroksida (NaOH) dan serbuk perak nitrat (AgNO_3).

Ekstraksi Daun Lamtoro

Daun lamtoro dicuci bersih, kemudian dikering anginkan, diblender hingga halus dan ditimbang sebanyak 5 g, selanjutnya dimasukkan kedalam gelas kimia dan ditambahkan 100 mL aquades lalu dipanaskan pada suhu 60 °C selama 5 menit. Campuran kemudian didinginkan dan disaring. Filtrat yang diperoleh kemudian 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 lamtoro sebanyak 10 mL dicampurkan dengan larutan AgNO_3 0,01 M sebanyak 10 mL. Selanjutnya campuran dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit dan dimasukkan ke dalam *microwave* pada daya 20 % selama 7 menit. Larutan hasil sintesis kemudian di analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-700 nm. Penentuan kondisi optimum yang meliputi konsentrasi larutan AgNO_3 (0,001; 0,005; dan 0,01 M); pH pada 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 dapat dianalisis dengan menyimpan larutan hasil sintesis pada suhu ruang dan lemari es kemudian diukur panjang gelombang dan absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis secara berulang dengan selang waktu 1, 3, 5, 7, 9, 11, dan 13 hari.

Karakterisasi Nanopartikel Perak

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

HASIL DAN DISKUSI

HASIL

Ekstraksi dan Uji Fitokimia Ekstrak Daun Lamtoro

Tabel 1. Hasil uji fitokimia ekstrak daun lamtoro

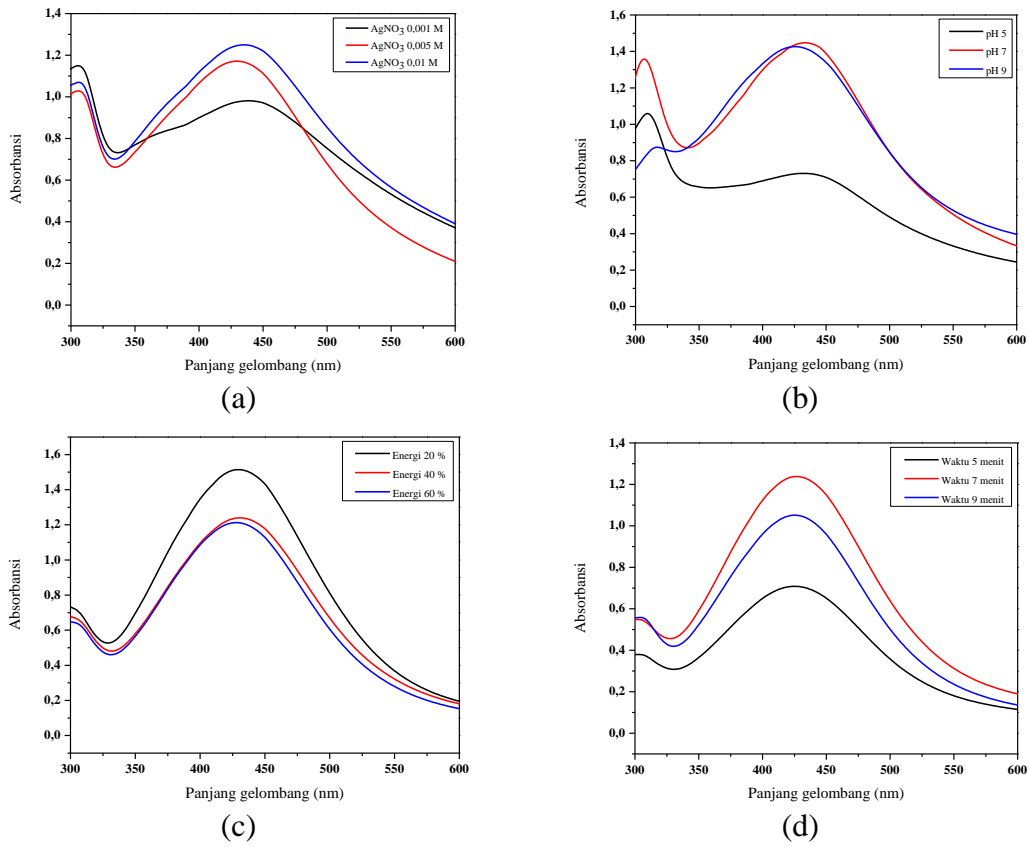
Metabolit Sekunder	Hasil Pengujian
Alkaloid	+
Flavonoid	+
Tanin	+
Saponin	+
Terpenoid	-
Steroid	-

Keterangan: (-): negatif dan (+): positif

Sintesis Nanopartikel Perak

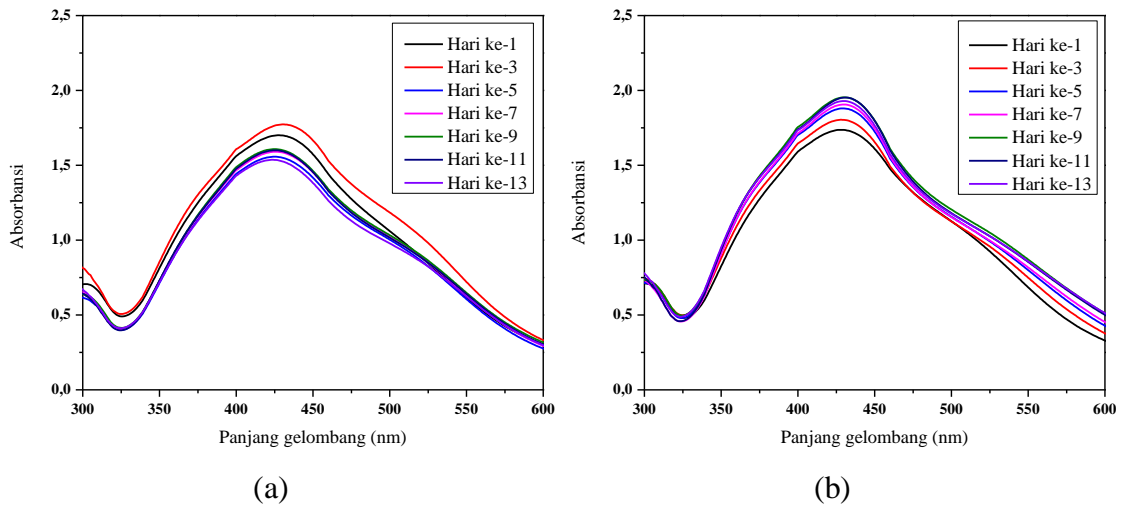


Gambar 1. Perbandingan ekstrak daun lamtoro (kiri) dan nanopartikel perak (kanan)



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

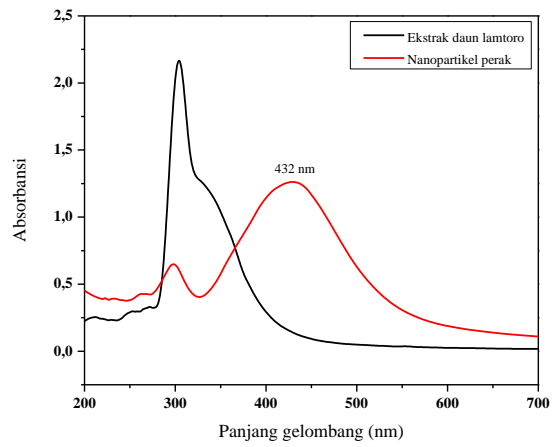
Stabilitas Nanopartikel Perak



Gambar 3. Spektrum UV-Vis stabilitas nanopartikel perak pada penyimpanan (a) Suhu lemari es dan (b) Suhu ruang

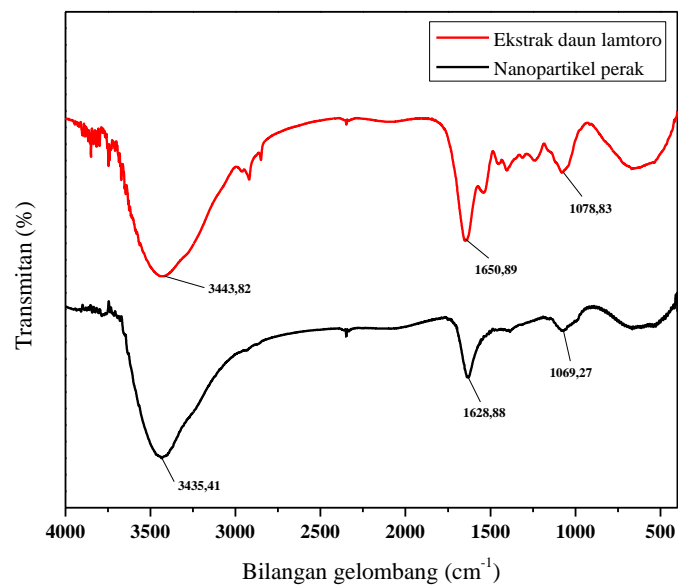
Karakterisasi Nanopartikel Perak

Spektrofotometer UV-Vis



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

FTIR (*Fourir Transform Infrared Spectroscopy*)

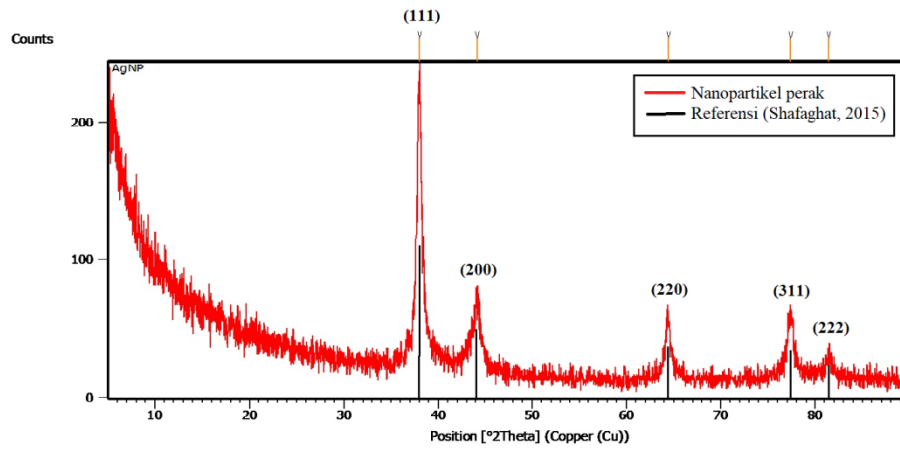


Gambar 5. Spektrum FT-IR dari ekstrak daun lamtoro dan nanopartikel perak ekstrak daun lamtoro

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

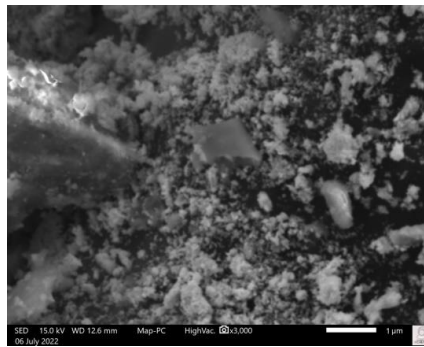
Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	
	Ekstrak daun lamtoro	Nanopartikel perak
Regang -OH	3443,82	3435,41
Regang C=O	1650,89	1628,88
Regang C-O	1078,83	1069,27

XRD (*X-Ray Diffraction*)



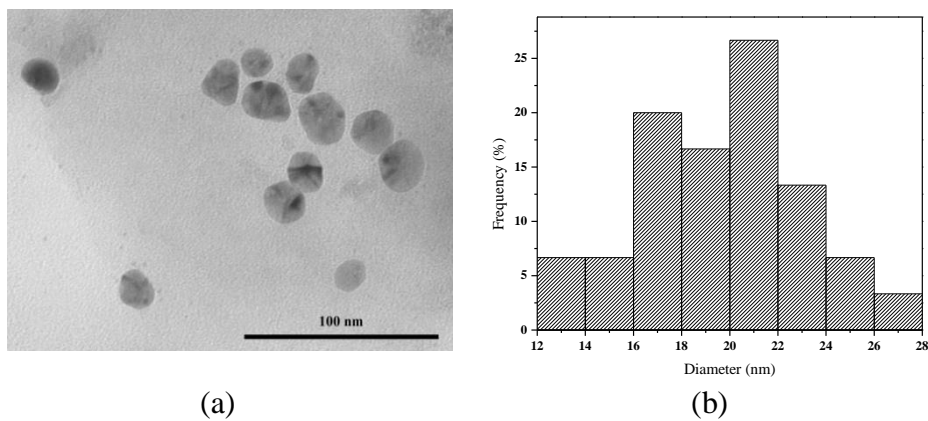
Gambar 6. Hasil karakterisasi nanopartikel perak menggunakan XRD

SEM (*Scanning Electron Microscopy*)



Gambar 7. Hasil karakterisasi nanopartikel perak menggunakan SEM

TEM (*Transmission Electron Microscopy*)



Gambar 8. Hasil karakterisasi menggunakan TEM (a) Morfologi nanopartikel perak dan (b) Grafik distribusi ukuran nanopartikel perak

DISKUSI

Ekstraksi dan Uji Fitokimia Ekstrak Daun Lamtoro

Daun lamtoro diekstraksi dengan menggunakan pelarut aquades karena aquades memiliki sifat yang lebih stabil, tidak beracun, ramah lingkungan, ekonomis dan mudah diperoleh. Selain itu, pelarut aquades merupakan pelarut yang bersifat polar sehingga dapat mengekstraksi senyawa polar seperti senyawa fenolik yang terkandung dalam daun lamtoro (Fajri dkk., 2022). Ekstrak daun lamtoro yang dihasilkan berwarna cokelat. Berdasarkan uji fitokimia yang telah dilakukan dan dapat dilihat pada Tabel 1, ekstrak daun lamtoro positif mengandung alkaloid, flavonoid, tanin, dan saponin. Metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak daun lamtoro ini nantinya berpotensi sebagai bioreduktor dalam mensintesis nanopartikel perak (Indah dkk., 2022).

Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *green synthesis* yaitu dengan memanfaatkan bahan biologis seperti tanaman yang dijadikan sebagai bioreduktor. Bioreduktor tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah ekstrak daun lamtoro dan larutan AgNO_3 sebagai prekursor Ag. Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan mereaksikan ekstrak daun lamtoro dengan larutan AgNO_3 dengan perbandingan 1:1. Warna larutan ekstrak daun lamtoro adalah kuning bening dan setelah ditambahkan larutan AgNO_3 berubah menjadi kuning kecokelatan, hal ini mengindikasikan bahwa nanopartikel perak sudah terbentuk. Menurut Prasetiowati dkk (2018) terbentuknya nanopartikel perak ditandai dengan berubahnya larutan menjadi kuning hingga kecokelatan. Perubahan warna larutan ini dipengaruhi oleh adanya proses reduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 oleh metabolit sekunder yang terkandung dalam tanaman. Perubahan warna ini disebabkan oleh adanya fenomena *surface plasmon resonance* (SPR) yang dapat diamati dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang 400-500 nm (Melkamu dan Bitew, 2021).

Spektrum UV-Vis penentuan kondisi optimum untuk mensintesis nanopartikel perak yang meliputi optimasi konsentrasi larutan AgNO_3 , pH, energi *microwave* dan waktu iradiasi *microwave* dapat dilihat pada Gambar 2. Spektrum UV-Vis optimasi konsentrasi larutan AgNO_3 (0,001; 0,005; dan 0,01 M) yang dapat dilihat pada Gambar 2a menunjukkan konsentrasi AgNO_3 0,001 M mempunyai absorbansi sebesar 1,00

dengan panjang gelombang 435-439 nm. Sedangkan pada optimasi konsentrasi AgNO_3 0,005 dan 0,01 M memiliki serapan pada panjang gelombang yang sama yaitu 432 nm dengan perbedaan absorbansi yang relatif sedikit yaitu secara berurutan sebesar 1,211 dan 1,290. Secara kualitatif, semakin tinggi nilai absorbansi dapat diasumsikan nanopartikel perak yang terbentuk semakin banyak atau konsentrasi nanopartikel perak dalam larutan semakin tinggi (Prasetiowati dkk., 2018). Oleh karena itu, dari ketiga variasi konsentrasi AgNO_3 yang digunakan, konsentrasi AgNO_3 0,01 M digunakan sebagai konsentrasi optimum dalam mensintesis nanopartikel perak.

Selanjutnya spektrum UV-Vis optimasi pH dilakukan pada pH 5, 7 dan 9 dapat dilihat pada Gambar 2b menunjukkan larutan dengan pH 7 memiliki nilai absorbansi paling besar yaitu 1,492 pada panjang gelombang 432 nm jika dibandingkan dengan pH 5 (asam) sebesar 0,746 pada panjang gelombang 432-436 nm dan pH 9 (basa) sebesar 1,479 pada panjang gelombang 432 nm. Oleh karena itu, pH 7 diambil sebagai pH optimum untuk mensintesis nanopartikel perak. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Christopher dkk (2015) yang memperoleh pH optimum pada pH 7 dalam mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun *Aegle mermelos*.

Selanjutnya spektrum UV-Vis optimasi energi *microwave* pada daya 20, 40 dan 60 % dapat dilihat pada Gambar 2c menunjukkan energi 20, 40 dan 60 % menghasilkan panjang gelombang yang sama yaitu 432 nm dengan energi 20 % memiliki absorbansi paling besar yaitu sebesar 1,585 dan mengalami penurunan absorbansi pada energi 40 dan 60 % yaitu sebesar 1,286 dan 1,255. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun lamtoro mampu mereduksi ion Ag dan menstabilkan nanopartikel perak tanpa menggunakan energi yang tinggi (Melkamu & Bitew, 2021). Oleh karena itu, energi 20 % diambil sebagai energi optimum dan digunakan untuk penentuan optimasi selanjutnya.

Optimasi yang terakhir adalah waktu iradiasi *microwave*. Spektrum UV-Vis optimasi waktu iradiasi *microwave* dengan variasi waktu 5, 7, dan 9 menit dapat dilihat pada Gambar 2d menunjukkan waktu iradiasi 7 menit menunjukkan nilai absorbansi paling besar yaitu sebesar 1,276 pada panjang gelombang 432 nm sedangkan pada waktu sintesis 5 dan 9 menit mengalami penurunan absorbansi yaitu sebesar 0,722 dan 1,078 dengan panjang gelombang masing-masing 430-432 nm dan 431-432 nm. Hal ini terjadi karena proses nukleasi perak telah selesai dan mencapai bentuk serta ukuran

partikel yang kecil dan stabil pada waktu iradiasi 7 menit (Chuchita dkk., 2018). Pada penelitian ini diperoleh kondisi optimum untuk mensintesis nanopartikel perak pada konsentrasi larutan AgNO_3 0,01 M; pH 7, energi *microwave* pada daya 20 % dan waktu iradiasi selama 7 menit.

Stabilitas Nanopartikel Perak

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan absorbansi nanopartikel perak yang disimpan pada suhu lemari es mengalami perubahan intensitas absorbansi yang fluktuatif selama 13 hari penyimpanan, sedangkan nanopartikel perak yang disimpan pada suhu ruang mengalami kenaikan absorbansi dan turun pada hari ke 13 selama hari penyimpanan. Hal ini menunjukkan selama masa penyimpanan masih terjadi proses reduksi Ag^+ menjadi Ag^0 . Kenaikan absorbansi ini mengindikasikan nanopartikel perak yang terbentuk semakin banyak (Prasetiowati dkk., 2018). Selanjutnya berdasarkan panjang gelombang, diketahui kestabilan nanopartikel perak baik pada penyimpanan suhu lemari es dan suhu ruang sama-sama memiliki panjang gelombang 432 nm pada penyimpanan hari ke 1 dan mengalami pergeseran panjang gelombang menjadi 430 nm pada penyimpanan hari ke 3 sampai 13. Adanya pergeseran panjang gelombang ke arah yang lebih besar menunjukkan nanopartikel perak yang terbentuk memiliki kestabilan yang cenderung rendah. Pergeseran panjang gelombang dari 432 ke 430 nm ini menunjukkan nanopartikel perak yang dihasilkan cenderung stabil sehingga dapat disimpulkan bahwa nanopartikel perak baik penyimpanan pada suhu lemari es dan suhu ruang sama-sama memiliki stabilitas yang baik.

Karakterisasi Nanopartikel Perak

Spektrofotometer UV-Vis

Berdasarkan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang dapat dilihat pada Gambar 4 dapat diketahui ekstrak daun lamtoro memiliki serapan pada panjang gelombang 305 nm dan setelah penambahan larutan AgNO_3 memiliki serapan pada panjang gelombang 432 nm. Adanya serapan pada panjang gelombang 432 nm ini mengindikasikan nanopartikel perak telah terbentuk. Hasil yang diperoleh ini sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pandit (2015) yang mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak biji *Brassica nigra* dan memperoleh panjang gelombang maksimum 432 nm.

FTIR

Berdasarkan karakterisasi menggunakan FTIR yang dapat dilihat pada Gambar 5 menunjukkan ekstrak daun lamtoro dan nanopartikel perak memiliki spektrum yang hampir sama, perbedaannya dapat dilihat pada pergeseran bilangan gelombang sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 2.1. Menurut Tabatabaee (2019) adanya pergeseran bilangan gelombang antara ekstrak daun lamtoro dengan nanopartikel perak ini menunjukkan adanya interaksi antara gugus fungsi yang terkandung dalam ekstrak daun lamtoro dengan nanopartikel perak yang terbentuk. Adapun gugus fungsi yang kemungkinan berperan sebagai bioreduktor maupun *capping agent* adalah gugus -OH, C=O dan C-O.

XRD

Berdasarkan karakterisasi menggunakan XRD yang dapat dilihat pada Gambar 6 menunjukkan adanya lima puncak difraksi yang diperoleh yaitu pada 2θ : 37.90° ; 44.22° ; 64.32° ; 77.34° ; dan 81.41° . Hasil yang diperoleh ini memiliki kemiripan dengan hasil Shafaghat (2015) yang mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun *Viburnum lantana* yang memperoleh puncak difraksi pada 2θ : 38.17° ; 44.33° ; 64.53° ; 77.40° ; dan 81.54° yang masing-masing bersesuaian dengan bidang hkl: (111), (200), (220), (300), dan (222) sehingga memiliki bidang kristal *face centered cubic* (FCC). Adanya puncak yang tajam pada (111) menunjukkan nanopartikel perak yang diperoleh merupakan nanopartikel perak murni.

SEM

Berdasarkan karakterisasi menggunakan SEM yang dapat dilihat pada Gambar 7 menunjukkan nanopartikel perak yang terbentuk memiliki morfologi permukaan yang tidak homogen dengan bentuk yang acak dan ukuran yang tidak seragam. Tabatabaee (2019) menyatakan adanya bentuk dan ukuran yang tidak seragam ini disebabkan karena adanya agregasi. Adanya agregasi ini juga menyebabkan morfologi permukaan nanopartikel perak yang terbentuk menjadi tidak beraturan.

TEM

Berdasarkan karakterisasi menggunakan TEM yang dapat dilihat pada Gambar 8, dimana Gambar 8a menunjukkan nanopartikel perak yang terbentuk memiliki bentuk *spherical* dengan ukuran yang tidak seragam dan Gambar 8b menunjukkan distribusi

ukuran nanopartikel perak yang diperoleh bervariasi dengan rentang ukuran 13,71-26,65 nm dan ukuran rata-rata nanopartikel perak sebesar $19,74 \pm 3,49$ nm. Hal ini menunjukkan nanopartikel perak yang disintesis telah terbentuk dan berukuran nano karena memiliki ukuran dibawah 100 nm.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan menggunakan metode reduksi dengan bantuan iradiasi *microwave* menggunakan larutan AgNO_3 sebagai prekursor ion Ag dan ekstrak daun lamtoro yang dapat bertindak sebagai bioreduktor sekaligus *capping agent* dengan kondisi optimum untuk mensintesis nanopartikel perak yaitu pada konsentrasi AgNO_3 0,01 M; pH = 7; energi *microwave* pada daya 20 % dan waktu iradiasi selama 7 menit. Adapun karakteristik nanopartikel perak yang terbentuk berwarna kuning kecokelatan. Berdasarkan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan nanopartikel perak memiliki panjang gelombang 432 nm dan stabilitas yang baik. Analisis XRD menunjukkan nanopartikel perak memiliki bidang kristal *face centered cubic* (FCC). Analisis SEM dan TEM menunjukkan nanopartikel perak memiliki morfologi permukaan yang tidak homogen dan bentuk *spherical* dengan rentang ukuran 13,71-26,65 nm dan ukuran rata-rata sebesar $19,74 \pm 3,49$ nm. Analisis FT-IR menunjukkan gugus fungsi yang kemungkinan berperan penting dalam sintesis nanopartikel perak adalah gugus -OH, C=O dan C-O.

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, ST., MT. selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembahas II
5. Segenap Dosen dan seluruh Staff Akademik Fakultas MIPA

DAFTAR PUSTAKA

- Christopher, J. G., Saswati, B., dan Ezilrani, P., 2015, Optimization of Parameters for Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Leaf Extract of *Aegle marmelos*, Brazilian Archives of Biology and Technology 58(5): 702-710.
- Chuchita, Santoso, S. J., dan Suyanta, 2018, Sintesis Nanopartikel dari Perak Nitrat dengan Tirosin sebagai Reduktor dan Agen Pengkaping untuk Membentuk Nanokomposit Film AgNPs-Poli Asam Laktat sebagai Antibakteri, Berkala MIPA 25(2): 140-153.
- Chung, D. S., Kim, H., Ko, J., Lee, J., Hwang, B., Chang, S., Kim, B., dan Chung, S., 2018, Microwave Synthesis of Silver Nanoparticles Using Different Pentose Carbohydrates as Reducing Agents, Journal Chemistry English 12(2018): 1-10.
- Fajri, N., Putri, L. F. A., Prasetio, M. R., Azizah, N., Pratama, Y., dan Susanto, N. C. A., 2022, Potensi Batang Pisang (*Musaparadisiacal*) sebagai Bioreduktor dalam *Green Synthesis* Ag Nanopartikel, Jurnal Penelitian Sains 24(1): 33-37.
- 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.
- Indah, Asri, M., Auliah, N., dan Ashari, A. T., 2022, Sintesis Nanopartikel Perak dengan Air Rebusan Daun Pegagan (*Centella asiatica* L.) dan Uji Aktivitas dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*, Majalah Farmasi dan Farmakologi 26(2): 88-91.
- Melkamu, W. W., dan Bitew, L. T., 2021, Green Syntesis of Silver Nanoparticles using *Hagenia abyssinica* (Bruce) J.F. Gmel Plant Leaf Extract and their Antibacterial and anti-oxidant Activities, Heliyon 1-11.
- Pandit, R., 2015, Green Synthesis of Silver Nanoparticles from Seed Extract of *Brassicca nigra* and its Antibacterial Activity, Nusantara Bioscience 7(1): 15-19.
- Prasetiowati, A. L., Prasetya, A.T., dan Wardani, S., 2018, Sintesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) sebagai Antibakteri, Indonesian Journal of Chemical Science 7(2): 160-166.
- Renganathan, S., Manokaran, S., Vasanthakumar, P., Singaravelu, U., Kim, p. S., Kutzner, A., dan Heese, K., 2021, Phytochemical Profiling in Conjunction with *In Vitro* and *In silico* Studies to Identify Human α -Amylase Inhibitors in *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit for the Trearment of Diabetes Mellitus, ACS Omega 6: 19045-19057.
- Shafaghat, A., 2015, Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles by Phytosynthesis Method and their Biological Activity, Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, Nanometal Chemistry 45: 381-387.
- 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 Research 7(1): 51-60.
- Torabfam, M., dan Yuce, M., 2020, Microwave-assisted Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Dried Extracts of *Chlorella vulgaris* and Antibacterial Activity Studies, De Gruyter 9: 283-293.
- Xu, L., Wang, Y. Y., Huang, J., Chen, C. Y., Wang, Z. X., dan Xie, H., 2020, Silver Nanoparticles: Synthesis, Medical Applications and Biosafety, Teranostics 10(20): 8998-9031.