

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN PEGAGAN
(*Centella asiatica L.*) SEBAGAI BIOREDUKTOR DENGAN BANTUAN IRADIASI
MICROWAVE**

**SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING COLLATURE (*Centella asiatica
L.*) LEAF EXTRACT AS A BIOREDUCTOR WITH THE ASSISTANCE OF
MICROWAVE IRRADIATION**

ILFA FATHULLOH

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram Jl.
Majapahit No. 62, Mataram 83125, Indonesia
*Email: ilfafatihulloh2000@gmail.com

Abstrak. Penggunaan bahan kimia sebagai reduktor dalam sintesis nanopartikel perak terbukti tidak efisien karena mahal dan berbahaya bagi lingkungan, ekstrak daun pegagan digunakan sebagai bioreduktor diusulkan sebagai alternatif dalam sintesis nanopartikel perak dengan bantuan iradiasi *microwave* yang hemat biaya dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun pegagan sebagai bioreduktor dan mengetahui karakteristik nanopartikel perak yang terbentuk. Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan mereaksikan ekstrak daun pegagan dengan larutan AgNO_3 dimana konsentrasi prekursor AgNO_3 , pH, energi dan lama penyinaran dioptimalkan. Koloid nanopartikel perak yang terbentuk ditunjukkan dengan puncak karakteristik pada 432 nm dan perubahan warna larutan dari kuning menjadi kuning kecoklatan. Nanopartikel perak yang terbentuk mempunyai karakteristik struktur *face centered cubic* (FCC), berbentuk *sferis* tidak seragam dengan rata-rata ukuran sebesar 20,06 nm yang diamati dengan analisis TEM dan SEM. Berdasarkan analisis FTIR diketahui gugus fungsi $-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$ dan $\text{C}-\text{O}$ yang kemungkinan terlibat dalam pembentukan nanopartikel perak.

Kata kunci: Sintesis, Nanopartikel Perak, Daun Pegagan, Bioreduktor, Iradiasi *Microwave*

Abstrac. *Use of chemicals as reducing agents in the synthesis of silver nanoparticles has proven to be inefficient because it is expensive and harmful to the environment, gotu kola leaf extract used as a bioreductant is proposed as an alternative in the synthesis of silver nanoparticles assisted by microwave irradiation that is cost-effective and environmentally friendly. This study aims to synthesize silver nanoparticles using gotu kola leaf extract as a bioreductant and to determine the characteristics of the silver nanoparticles formed. Synthesis of silver nanoparticles was carried out by reacting gotu kola leaf extract with AgNO_3 solution where the concentration of AgNO_3 precursor was optimized, pH, energy and irradiation time were optimized. The colloidal silver nanoparticles formed were indicated by a characteristic peak at 432 nm and a change in the color of the solution from yellow to brownish yellow. The silver nanoparticles formed have a characteristic face centered cubic (FCC) structure, non-uniform spherical shape with an average size of 20.06 nm which was observed by TEM and SEM analysis. Based on the FTIR analysis, it is known that the functional groups $-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$ and $\text{C}-\text{O}$ may be involved in the formation of silver nanoparticles.*

Keywords: *Synthesis, Silver Nanoparticles, Gotu Kola Leaf, Bioreduktor, Microwave Irradiation*

PENDAHULUAN

Nanoteknologi menjadi salah satu bidang ilmu fisika, kimia, biologi serta rekayasa yang penting dan menarik sehingga berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir ini. Salah satu perkembangan nanoteknologi yang sedang berkembang yaitu nanopartikel. Penelitian nanopartikel berkembang pesat karena aplikasinya yang luas seperti dalam bidang lingkungan, elektronik, optis dan biomedis (Wahyudi *et al.*, 2011). Secara garis besar sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode *top-down* (fisika) dan *bottom-up* (kimia) (Castillo *et al.*, 2020). Sintesis nanopartikel melalui metode kimia seperti reduksi kimia dan fotokimia menggunakan bahan kimia berbahaya seperti natrium sitrat, borohidrat dan alkohol sebagai zat pereduksi sedangkan dalam metode fisika seperti dekomposisi termal, iradiasi dan difusi (Shameli *et al.*, 2012), membutuhkan pemeliharaan suhu dan tekanan tinggi yang dapat menimbulkan efek berbahaya bagi lingkungan dan biologis (Prabu *et al.*, 2012). Oleh karena itu, suatu metode alternatif dikembangkan dalam sintesis nanopartikel perak berdasarkan konsep *green chemistry* yaitu metode *green synthesis*. Metode ini menggunakan ekstrak tumbuhan sebagai zat pereduksi (bioreduktor) karena mudah, hemat biaya dan tidak beracun, sehingga produk yang dihasilkan lebih aman dan ramah lingkungan (Sharma *et al.*, 2009).

Salah satu tumbuhan yang dapat bertindak sebagai bioreduktor adalah pegagan. Tumbuhan pegagan mengandung bahan aktif flavonoid, triterpenoid alkaloid, tanin dan saponin (Sutardi., 2016). Sintesis nanopartikel perak dengan bantuan iradiasi *microwave* beberapa tahun terakhir telah mendapat perhatian, karena waktu reaksinya yang singkat, konsumsi energi yang rendah, dan hasil produk yang lebih baik (Eskandari *et al.*, 2016). Pemanasan dengan bantuan iradiasi *microwave* menawarkan nukleasi yang seragam, pertumbuhan nanopartikel yang cepat, konsentrasi tinggi, dan distribusi ukuran yang lebih seragam dibandingkan dengan metode pemanasan lainnya (Noroozi *et al.*, 2012). Berdasarkan pemaparan diatas penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel perak dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun pegagan sebagai bioreduktor dengan bantuan iradiasi *microwave* untuk memperbaiki hasil penelitian sebelumnya yang menggunakan metode konvensional dan mengetahui karakterisasi nanopartikel perak yang terbentuk

METODE PENELITIAN

Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan adalah botol sampel, Erlenmeyer, gelas arloji, gelas kimia, gelas ukur, *hot plate*, lemari pendingin, *microwave*, oven, pH meter, pipet tetes, pipet volume, pisau, *ruber bulb*, timbangan analitik, *sentrifugasi*, spatula, Spektrofotometer UV-Vis, FTIR, XRD, TEM, dan SEM. Adapun bahan yang digunakan yaitu daun pegagan yang di peroleh di desa Lingsar Lombok Barat, aquades, larutan *buffer*, kertas saring whatman no. 42, serbuk AgNO₃ (perak nitrat), dan serbuk NaOH (natrium hidroksida).

Ekstraksi Daun Pegagan

Daun pegagan dicuci hingga bersih, dikeringkan dan dibelender hingga halus. Serbuk daun pegagan (10 g) dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL dan ditambahkan 100 mL aquades lalu dipanaskan hingga mencapai suhu 60 °C kemudian didinginkan. Setelah mencapai suhu ruang, air rebusan dituang dan disaring menggunakan kertas saring whatman no. 42. Ekstrak yang dihasilkan selanjutnya di analisis dan dikarakterisasi (Taba, *et al.*, 2019).

Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak mengacu pada metode Fatimah dan Mutiara (2016) dengan modifikasi. Ekstrak daun pegagan (10 mL) dicampurkan dengan larutan AgNO₃ 0,01 M (10 mL) secara perlahan diatas *magnetic stirer*. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam *microwave* dengan daya 20 % selama 5 menit. Larutan hasil sintesis kemudian di analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 200-700 nm. Penentuan kondisi optimum meliputi konsentrasi larutan AgNO₃ (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 dalam penelitian ini.

Stabilitas Nanopartikel Perak

Larutan nanopartikel perak disentrifugasi pada 7.000 putaran per menit (rpm) selama 45 menit, pelet AgNP yang disintesis dibilas 1 kali kemudian disentrifugasi kembali pada 13.000 rpm selama 20 menit. Endapan yang diperoleh dikeringkan menggunakan oven kemudian di tambahkan aquades dan disimpan di suhu ruang dan lemari es untuk uji stabilitas pada hari 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, dan 15.

Karakterisasi Nanopartikel Perak

Larutan nanopartikel perak dipisahkan dari campuran dengan sentrifugasi pada 7.000 putaran per menit (rpm) selama 45 menit, pelet AgNP yang disintesis dibilas 1 kali kemudian disentrifugasi kembali dengan sentrifugasi MSE (*Micro Centaur*) pada 13.000 rpm selama 20 menit. Endapan yang diperoleh dikeringkan menggunakan oven (Civilab, Australia), disimpan di suhu ruang dan dikarakterisasi lebih lanjut menggunakan FTIR, TEM, SEM, dan XRD.

HASIL DAN DISKUSI

HASIL

Ekstraksi dan Uji Fitokimia Ekstrak Daun Pegagan

Tabel 1. Hasil uji fitokimia ekstrak daun pegagan

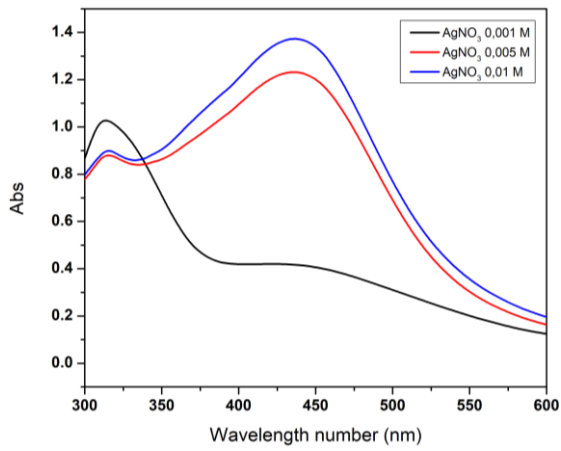
Uji	Hasil
Alkaloid	+
Flavonoid	+
Tanin	+
Saponin	+
Terpenoid	-

Keterangan: negatif (-) dan positif (+)

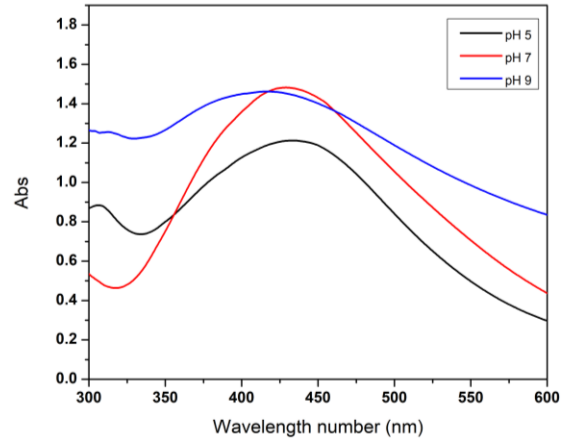
Sintesis Nanopartikel Perak



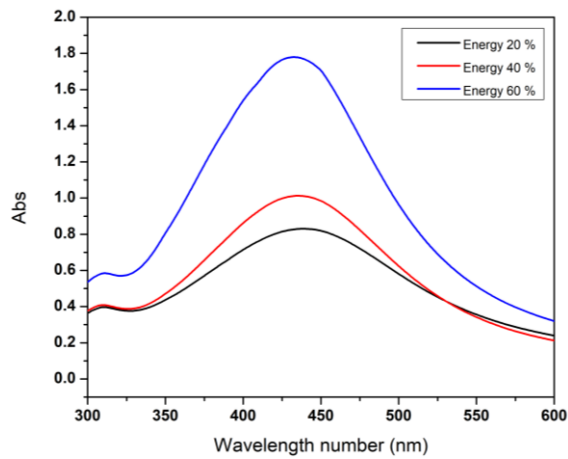
Gambar 1. Perbandingan ekstrak daun pegagan (kanan) dan nanopartikel perak (kiri)



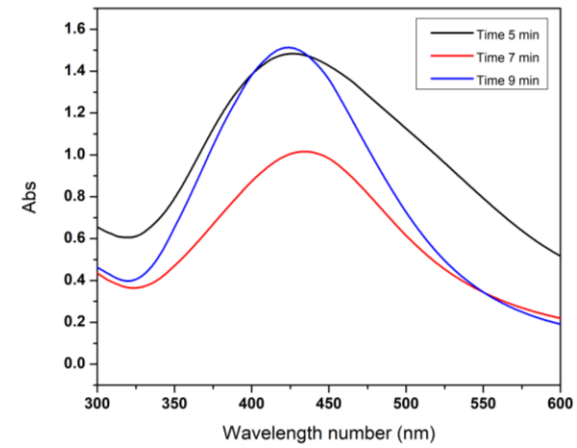
(a)



(b)



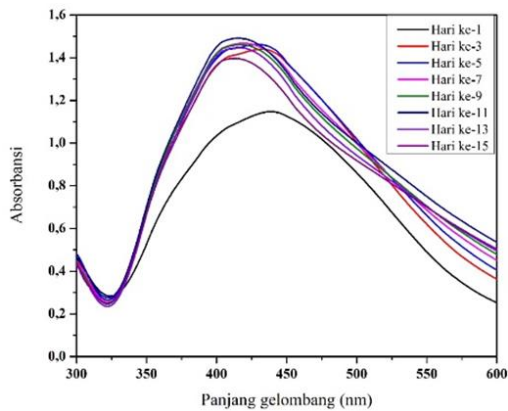
(c)



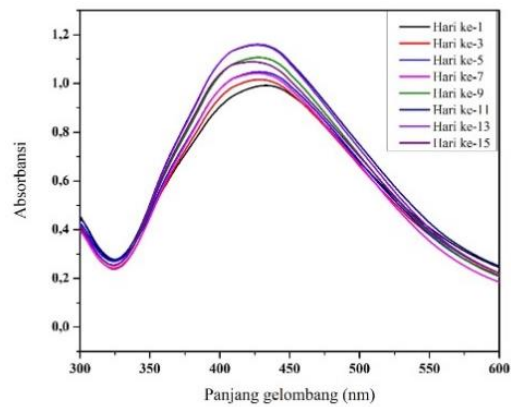
(d)

Gambar 2. Spektrum UV-Vis penentuan kondisi optimum; (a) konsentrasi larutan AgNO_3 ; (b) pH; (c) Energi *microwave* dan (d) Waktu iradiasi *microwave*.

Stabilitas Nanopartikel Perak



(a)

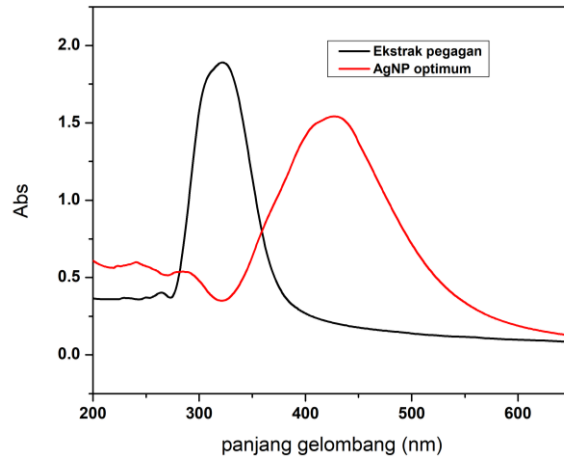


(b)

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

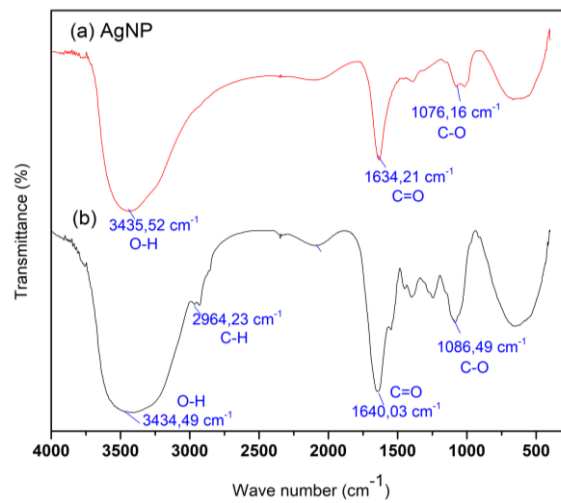
Karakterisasi Nanopartikel Perak

- Spektrofotometer UV-Vis



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

- FTIR (*Fourir Transform Infrared Spectroscopy*)

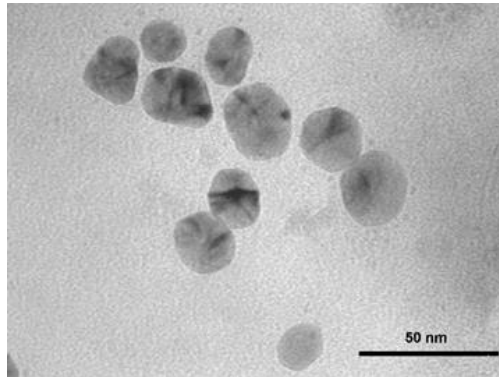


Gambar 5 (a) Nanopartikel perak ekstrak daun pegagan dan (b) Hasil FTIR ekstrak daun pegagan

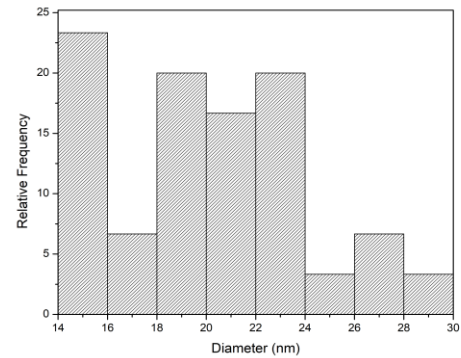
Tabel 2. Perbandingan spektrum bilangan gelombang (a) ekstrak daun pegagan (b) nanopartikel perak

Gugus fungsi	Panjang gelombang (cm ⁻¹)		Referensi
	Ekstrak daun pegagan	Nanopartikel perak	
-OH	3434	3435	3437 (1)
C=O	1640	1634	1617 (2)
C-O	1086	1076	1060 (1)

- TEM (*transmission electron microscopy*)



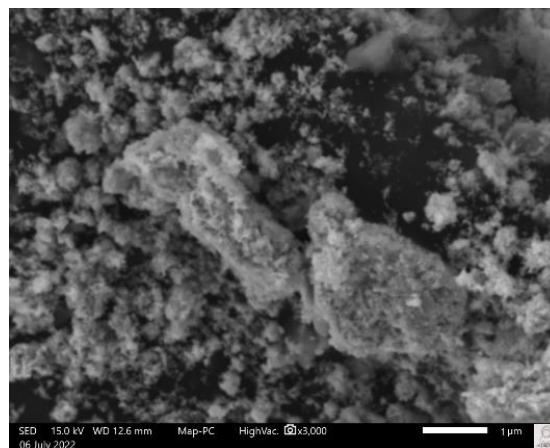
(a)



(b)

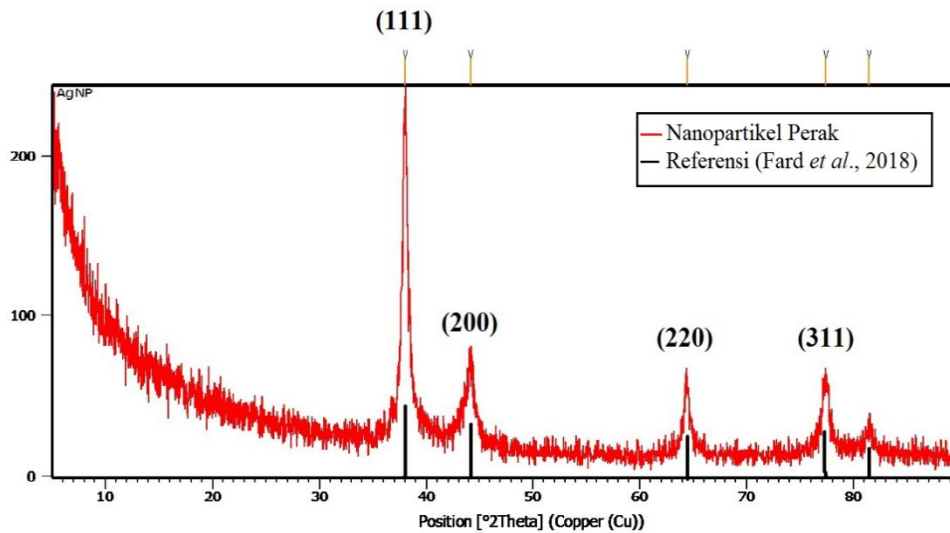
Gambar 6. Hasil karakterisasi menggunakan TEM (a) morfologi nanopartikel perak dan (b) grafik distribusi ukuran nanopartikel perak

- SEM (*Scanning Electron Microscopy*)



Gambar 7 hasil karakterisasi nanopartikel perak menggunakan SEM

- XRD (*X-Ray Diffraction*)



Gambar 8. Difraktogram nanopartikel perak dari ekstrak daun pegagan

DISKUSI

Ekstraksi Dan Uji Fitokimia Daun Pegagan

Daun pegagan di ekstraksi menggunakan metode pemanasan. Penggunaan metode ini didasarkan karena lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan metode lainnya (Manisha *et al.*, 2014). Pemilihan metode ini didasarkan karena nanopartikel yang dihasilkan dengan ekstrak rebusan lebih mudah di dapatkan. Daun pegagan diekstraksi menggunakan pelarut aquades karena dapat menghasilkan ukuran nanopartikel yang lebih kecil dibandingkan dengan pelarut lainnya seperti etanol (Kojong *et al.*, 2018). Pemanasan dilakukan pada suhu 60 °C bertujuan agar senyawa yang terkandung dalam daun pegagan tidak mengalami kerusakan dan teroksidasi pada suhu tinggi. Ekstrak yang didapatkan kuning kecoklatan. Berdasarkan Tabel 1 daun pegagan positif mengandung alkaloid, flavonoid, saponin dan tanin. Metabolit sekunder tersebut rata-rata memiliki gugus hidroksil, amida, dan karbonil yang kemungkinan akan berkontribusi dalam pembentukan nanopartikel perak.

Sintesis Nanopartikel Perak

Pembentukan nanopartikel perak dapat dikonfirmasi awal dengan pengamatan visual pada hasil sintesis nanopartikel perak dapat dilihat pada Gambar 1 setelah (kiri) penambahan larutan

AgNO₃ 0,01 M larutan mengalami perubahan warna menjadi kuning kecoklatan. Perubahan warna yang terjadi setelah penambahan perak nitrat dalam media berair ekstraseluler itu menunjukkan pembentukan nanopartikel perak (Chitra *et al.*, 2013). Perubahan warna yang terjadi pada ekstrak daun pegagan membuktikan bahwa daun pegagan dapat berperan sebagai bio reduktor dalam sintesis nanopartikel perak. Larutan kemudian di analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui karakteristik spektrum puncak panjang gelombang nanopartikel perak dan untuk membuktikan pembentukan dari nanopartikel perak. Karakteristik yang khas dari pembentukan nanopartikel perak yaitu munculnya puncak serapan pada daerah panjang gelombang 400-500 nm (Solomon *et al.*, 2007).

Spektrum UV-Vis penentuan kondisi optimum untuk mensintesis nanopartikel perak meliputi optimasi konsentrasi larutan AgNO₃, pH, energi *microwave* dan waktu iradiasi *microwave* yang dapat dilihat pada gambar 2. Spektrum UV-Vis optimasi konsentrasi larutan AgNO₃ dapat dilihat pada gambar 2a menunjukkan pembentukan nanopartikel perak dari ketiga variasi konsentrasi tersebut pada panjang gelombang 427, 436, dan 435 nm dengan nilai absorbansi berturut-turut yaitu (0,424; 1,280 dan 1,439). Konsentrasi 0,01 M dijadikan sebagai konsentrasi optimum karena memiliki nilai absorbansi paling besar yaitu 1,439, yang menunjukkan pembentukan nanopartikel semakin banyak dengan ukuran yang lebih kecil. Konsentrasi 0,01 M ini kemudian digunakan dalam menentukan pH optimum dari larutan AgNO₃.

Selanjutnya spektrum UV-Vis optimasi pH yang dilakukan pada pH 5, 7 dan 9. Berdasarkan Gambar 2b pembentukan nanopartikel pada panjang gelombang 432 nm dengan nilai absorbansi berturut-turut yaitu (1,243; 1,695 dan 1,481). Menurut Anigol *et al.* (2017) stabilitas distribusi *cluster* dan pembentukan koloid meningkat dan agregasi partikel menurun pada kisaran pH basa, karena pengisian penuh *cluster* yang memaksimalkan interaksi elektrostatik tolak-menolak dan laju reaksi akan meningkat dengan kristalisasi berikutnya menjadi partikel yang lebih kecil yang melibatkan proses nukleasi dan pertumbuhan partikel yang lebih kecil dari inti Ag (Zhang *et al.*, 2010). Sehingga dapat disimpulkan dari hasil analisis UV-Vis pH 7 larutan AgNO₃ 0,01 M dipilih sebagai pH optimum karena memiliki nilai absorbansi paling besar yaitu 1,695 yang menunjukkan pembentukan nanopartikel perak semakin banyak dan ukuran yang semakin kecil.

Selanjutnya spektrum UV-Vis optimasi energi *microwave* yang dilakukan pada daya 20, 40 dan 60 %. Berdasarkan Gambar 2c menunjukkan hasil analisis UV-Vis terbentuknya nanopartikel perak dari ketiga variasi energi tersebut pada panjang gelombang 435, 433 dan 433

nm dengan nilai absorbansi berturut-turut yaitu (0.847; 1.041 dan 1.894). Energi 60 % dipilih sebagai energi optimum karena memiliki nilai absorbansi paling besar. Tingginya energi juga mempengaruhi pembentukan ukuran nanopartikel dalam skala besar (Kumar *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Bere *et al.* (2019) kondisi stabil dalam pembentukan nanopartikel perak yaitu pada energi 60 %. Deepak *et al.* (2011) telah menyarankan bahwa pada suhu yang lebih tinggi, lebih banyak nukleasi dapat terjadi sehingga membentuk partikel yang lebih kecil.

Optimasi yang terakhir adalah waktu iradiasi *microwave*. Spektrum UV-Vis optimasi waktu iradiasi *microwave* dengan variasi waktu 5, 7 dan 9 menit. Berdasarkan Gambar 2d menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak dari ketiga variasi waktu pada panjang gelombang 432 nm dengan nilai absorbansi berturut-turut yaitu (1,569; 1,046 dan 1,572). Waktu 9 menit dalam *microwave* dipilih sebagai waktu optimum karena memiliki nilai absorbansi paling besar yaitu 1,572, yang menandakan semakin banyaknya nanopartikel perak yang terbentuk dan membentuk partikel yang kecil dan stabil. Jadi, kondisi optimum untuk mensintesis nanopartikel perak pada penelitian ini yaitu konsentrasi larutan AgNO₃ 0,01 M pada pH 7 dan energi 60 % selama 9 menit dalam *microwave*.

Stabilitas Nanopartikel Perak

Stabilitas nanopartikel perak dilakukan pada suhu ruang (25 °C) dan suhu lemari es (5 °C), berdasarkan Gambar 3a dan Gambar 3b kestabilan nanopartikel pada hari 1-15 dalam suhu ruang dan lemari es memberikan puncak serapan dengan kisaran 430-432 nm. Panjang gelombang tersebut masih dalam rentang karakteristik SPR dari nanopartikel perak sehingga dikatakan bahwa nanopartikel tersebut masih stabil karena tidak terjadi pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar dan panjang gelombang tersebut tidak mengalami penurunan intensitas serapan pada kisaran 380-400 nm sebagai indikasi bahwa nanopartikel perak belum terbentuk dan masih dalam bentuk ion perak (Gunsolus *et al.*, 2015).

Karakterisasi Nanopartikel Perak

- **Spektrofotometer UV-Vis**

Berdasarkan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang dapat dilihat pada gambar 4 dapat diketahui ekstrak daun pegagan memiliki puncak serapan pada panjang gelombang 324 nm sedangkan nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun pegagan menunjukkan puncak serapan pada panjang gelombang 432 nm. Pergeseran panjang gelombang

dari ekstrak daun pegagan setelah penambahan larutan AgNO_3 menandakan bahwa terjadinya sintesis nanopartikel perak oleh ekstrak daun pegagan. Sesuai dengan penelitian sebelumnya Fard *et al.* (2018) yang mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun pegagan dikonfirmasi munculnya puncak serapan pada panjang gelombang 430 nm.

- FTIR

Berdasarkan karakterisasi menggunakan FTIR yang dapat dilihat pada gambar 5 menunjukkan ekstrak daun pegagan dan nanopartikel perak memiliki spektrum yang hampir sama, perbedaan dapat dilihat pada tabel 2. Pergeseran puncak dari 3434 cm^{-1} ke 3435 cm^{-1} dikaitkan dengan pengikatan kelompok -OH ke nanopartikel perak. Sedangkan pengurangan dari 1640 cm^{-1} ke 1634 cm^{-1} menunjukkan pengikatan perak ke gugus C=O. Adanya gugus fungsi dalam ekstrak tumbuhan seperti hidroksil, amida dan karbonil yang kemungkinan besar akan berkontribusi dalam pembentukan nanopartikel perak dan sebagai penstabil (Ali, *et al.*, 2015).

- TEM

Berdasarkan karakterisasi menggunakan TEM yang dapat dilihat pada gambar 6, dimana gambar 6a menunjukkan morfologi nanopartikel perak yang didapatkan memiliki bentuk partikel *sferis* (bulat) yang terdistribusi secara merata ke partikel koloid dan gambar 6b memberikan indikasi bahwa nanopartikel yang disintesis bersifat polidispersi dengan ukuran rata-rata partikel $20,06 \pm 3,94\text{ nm}$ dengan distribusi ukuran yaitu $14,054 - 28,141\text{ nm}$.

- SEM

Berdasarkan karakterisasi menggunakan SEM yang dapat dilihat pada gambar 7 menunjukkan bahwa nanopartikel perak terdistribusi secara merata pada permukaan sel, dan mengungkapkan bahwa morfologi nanopartikel perak berbentuk *sferis* (bulat) dan memiliki ukuran yang lebih kecil dan seragam karena distribusi partikel yang didapatkan lebih sempit.

- XRD

Berdasarkan karakterisasi menggunakan XRD yang dapat dilihat pada gambar 8 menunjukkan adanya lima puncak difraksi yang diperoleh ditunjukkan oleh nilai puncak 2θ pada 38.02 ; 44.19 ; 64.42 ; 77.38 ; dan $81,41^\circ$ untuk nanopartikel perak, sesuai dengan hasil (Fard *et al.*, 2018) dan (Arief *et al.*, 2015) yang mendekati data difraktogram perak standar yaitu $38,11$; $44,30$, $64,44$ dan $77,40$. Indeks miller masing-masing sesuai dengan bidang hkl: (111), (200), (202), (311) dan (222). Hasil sintesis nanopartikel perak oleh Fard *et al.* (2018) menggunakan ekstrak daun pegagan memperoleh puncak difraksi yang tajam yaitu pada 2θ sekitar

38,26, 46,24, 64,54, dan 77,49° sesuai dengan (111), (200), (220), dan (311) masing-masing bidang kristal perak *face centered cubic* (FCC). Adanya puncak selain empat puncak tersebut menandakan bahwa nanopartikel perak yang dihasilkan masih memiliki pengotor.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan dengan metode reduksi menggunakan ekstrak daun pegagan sebagai bioreduktor dengan bantuan iradiasi *microwave*, pada kondisi reaksi optimum yaitu konsentrasi larutan AgNO₃ 0,01 M pH 7, energi *microwave* 60 % selama 9 menit. Karakteristik nanopartikel perak yang terbentuk berwarna kuning kecoklatan dikonfirmasi lebih lanjut menggunakan UV-Vis dengan daerah serapan pada panjang gelombang 432 nm. Keberadaan gugus fungsi –OH, C=O dan C-O dalam ekstrak dikonfirmasi oleh analisis FTIR. Analisis menggunakan XRD menunjukkan nanopartikel perak yang didapatkan memiliki struktur kristal FCC. Analisis menggunakan TEM dan SEM menunjukkan bentuk partikel yang dihasilkan *sferis* lebih seragam dengan ukuran rata-rata partikel $20,06 \pm 3,94$ nm dengan rentang ukuran yaitu 14,054 – 28,141 nm.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Bapak Dr. Dhony Hermanto, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing I
2. Ibu Murniati, S.Pd., M.Sc. selaku pembimbing II
3. Ibu Dr. Emmy Yuanita, S.Si., M.Si. selaku dosen pembahas II dan pembimbing akademik
4. Bapak prof. Ir. Surya Hadi, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembahas I
5. Seluruh dosen dan staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, K., Ahmed, B., Dwivedi, S., Saquib, Q., Al-Khedhairi, A. A., & Musarrat, J., 2015., Microwave Accelerated Green Synthesis of Stable Silver Nanoparticles with Eucalyptus Globulus Leaf Extract and Their Antibacterial and Antibiofilm Activity On Clinical Isolates, *Plos One* 10(7): 131-148.
- Anigol, L. B., Charantimath, J. S., & Gurubasavaraj, P. M., 2017, Effect of Concentration and pH On the Size of Silver Nanoparticles Synthesized by Green Chemistry, *Organic Medicinal Chemisstry International Journal* 3(5): 1-5.
- Arief, S., Rahman, W., & Diana, V. W. Z., 2015, Green Synthesis Nanopartikel Ag dengan Menggunakan Ekstrak Gambir sebagai Bioreduktor, *Semirata* 4(1): 5-11.
- Bere, M. L., Sibarani, J., & Manurung, M., 2019, Sintesis Nanopartikel Perak (AgNP) Menggunakan Ekstrak Air Daun Kemangi (*Ocimum Sanctum Linn.*) dan Aplikasinya dalam Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru, *Cakra Kimia (Indonesian Electronic-Journal of Applied Chemistry)* 7(2): 155-164.
- Castillo, H. L., Alfaro, A. K., Ugalde, A. J., Vega F. L., Montes de, O. V. G., & Vega, B. J. R., 2020, Green Synthesis of Gold and Silver Nanoparticles from Plant Extracts and Their Possible Applications as Antimicrobial Agents in The Agricultural Area, *Nanomaterials* 10(9), 1763.
- Chitra, K & Annadurai, G., 2013, Bioengineered Silver Nanobowls Using *Trichoderma Viride* and Its Antibacterial Activity Against Gram-Positive And Gram-Negative Bacteria, *Journal of Nanostructure in Chemistry* 3(9):1-20.
- Deepak, V., Kalishwaralal, K., Pandian, S. R. K., & Gurunathan, S., 2011, an Insight into the Bacterial Biogenesis of Silver Nanoparticles, *Industrial Production and Scale-Up, Metal Nanoparticles in Microbiology* 1(3): 17-35.
- Eskandari., Nojedehi, M., Jafarizadeh, M. H., & Rahbar, S. J., 2016, Biosynthesis and Potential of Biomedical Application, *Nanotechnology*, 3(5): 537–548.
- Fard, S. E., Tafvizi, F., & Torbati, M. B., 2018, Silver Nanoparticles Biosynthesised Using *Centella Asiatica* Leaf Extract: Apoptosis Induction in MCF-7 Breast Cancer Cell Line, *IET nanobiotechnology* 12(7): 994-1002.
- Fatimah, I & Mutiara Nur, A. L., 2016, Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Putri Malu (*Mimosa Pudica*) Dan Iradiasi Gelombang Mikro, *Molekul* 11(2): 288-298.
- Gunsolus, I. L., Mousavi, M. P. S., Hussein, K., Buhlmann, P., & Haynes, C.L, 2015, Effect of Humic and Funic Acids on Silver Nanoparticles Stability, Dissolution and Toxicity, *Environment Science. Technology* 5(49): 8078-8086.

- Kojong, T. M., Aritonang, H., & Koleangan, H., 2018, Green Syntesis Nanopartikel Perak (Ag) Menggunakan Larutan Daun Rumput Macan (*Lantana Camara L*), *Chemical Progress* 11(2): 243-252.
- Kumar, S. V., Bafana, A. P., Pawar, P., Rahman, A., Dahoumane, S. A., & Jeffryes, C. S., 2018, High Conversion Synthesis of < 10 Nm Starch-Stabilized Silver Nanoparticles Using Microwave Technology, *Scientific Reports* 8(1): 1-10.
- Manisha, D. R., Alwala, J., Kudle, K. R., & Rudra, M. P., 2014, Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Flower Extracts of *Catharanthus Roseus* and Evaluation of its Antibacterial Efficacy. *World Journal Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 3(5): 877-885.
- Noroozi, M., Zakaria, A., Moxsin, M. M., Wahab, Z. A., & Abedini, A., 2012, Green Formation of Spherical and Dendritic Silver Nanostructures Under Microwave Irradiation Without Reducing Agent, *International journal of molecular sciences* 13(7): 8086-8096.
- Prabu, S., & Poulouse, E. K., 2012, Silver nanoparticles: Mechanism of Antimicrobial Action, Synthesis, Medical Application, and Toxicity Effects, *International Nano Lett* 2(32): 476-482.
- Solomon, S. D. M., Bahadory, A. V., Jeyarajasingam, S.A., Rutkowsky, C., & Borits., 2007, Synthesis and Study of Silver Nanoparticles, *Journal of Chemical Education* 84(2): 322-325.
- Sutardi, S., 2016, Kandungan Bahan Aktif Tanaman Pegagan dan Khasiatnya untuk Meningkatkan Sistem Imun Tubuh, *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 35(3): 121-130.
- Wahyudi, T., Sugiyana, D., & Helmy, Q., 2011, Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya terhadap Bakteri *E. coli* dan *S. Aureus*, *Arena Tekstil* 26(1): 1-60.
- Zhang, T., Song, Y. J., Zhang, X.Y., & Wu, J.Y., 2014, Synthesis of Silver Nanostructures by Multistep Methods, *Sensors (Basel)* 14(1): 5860–5889.