



SINTESIS ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK DAUN SIRIH DENGAN IRRADIASI MICROWAVE

Margareta Dian Purnamasari*), Harjono dan Nanik Wijayati

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Juni 2016
Disetujui Juli 2016
Dipublikasikan Agustus 2016

Kata kunci:
antibakteri
bioreduktor
daun sirih
nanopartikel perak

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi AgNO_3 dan waktu sintesis terhadap ukuran nanopartikel perak, karakteristik nanopartikel perak dan uji aktivitas antibakteri nanopartikel perak. Nanopartikel perak disintesis menggunakan metode *green synthesis*, dengan cara mereduksi AgNO_3 dengan bioreduktor dalam irradiasi *microwave*. Sintesis dilakukan dengan variasi konsentrasi AgNO_3 sebagai prekursor yaitu 0,5; 1 dan 1,5 mM dan variasi waktu sintesis yaitu 140, 160, 180, 200 dan 220 detik. Hasil sintesis koloid nanopartikel perak dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PSA dan TEM. Kondisi optimal sintesis nanopartikel perak dengan λ_{max} 415 nm diperoleh dengan konsentrasi AgNO_3 0,5 mM dan waktu sintesis 200 detik. Nanopartikel perak optimal yang dikarakterisasi dengan TEM berbentuk sferik kristalin dengan ukuran mencapai 11,94 nm dan rata-rata ukuran partikel 37,44 nm dengan struktur *face centered cubic* (fcc). Nanopartikel perak mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif lebih kuat daripada bakteri Gram negatif. Peningkatan konsentrasi AgNO_3 pada nanopartikel perak menunjukkan daya hambat bakteri yang semakin menurun.

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of the concentration of AgNO_3 and synthesis time of the particle size of silver nanoparticles, investigate the characteristics of silver nanoparticles and determine the antibacterial activity of silver nanoparticles. Silver nanoparticles have been synthesized using green synthesis method, by reducing AgNO_3 with bioreductant in the microwave irradiation. Bioreductant prepared by soxhletation. Synthesis is done by varying the concentration of AgNO_3 as a precursor of 0.5, 1 and 1.5 mM and variations in synthesis time are 140, 160, 180, 200 and 220 seconds. The results of the synthesis of colloidal silver nanoparticles were characterized using UV-Vis spectrophotometer, PSA and TEM. Optimal conditions of synthesis of silver nanoparticles with λ_{max} 415 nm is obtained with a concentration of 0.5 mM AgNO_3 and synthesis time of 200 seconds. Optimal silver nanoparticles were characterized by TEM showed crystalline spherical shape with the size reached 11.94 nm and an average particle size of 37.44 nm with face centered cubic (fcc) structure. Silver nanoparticles are able to inhibit the growth of Gram positive bacteria are stronger than Gram negative bacteria. Increasing concentrations of AgNO_3 on silver nanoparticles showed inhibition of bacteria decreases.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
E-mail: margaretadianp@gmail.com

Pendahuluan

Nanoteknologi mengacu secara luas pada aplikasi bidang sains dan teknologi dengan tema kendali tingkat molekul dalam skala kecil, normalnya 1-100 nm. Nanoteknologi digunakan pada berbagai bidang seperti ilmu farmasi, sains, aplikasi fisika, material dan koloidal, kimia supramolekular, serta teknik mesin dan teknik listrik (Elumalai, *et al.*; 2011). Nanopartikel perak dapat disintesis dengan metode fisika, kimia dan biologi. Sejumlah pendekatan yang ada misalnya, reduksi larutan seperti pada penelitian Ariyanta, *et al.* (2014) dengan preparasi nanopartikel perak dengan metode reduksi dengan menggunakan reduktor larutan $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$. Akan tetapi metode tersebut mahal dan tidak ramah lingkungan. Sehingga metode biologi dipilih dengan menggunakan reduktor ekstrak tanaman (Renugadevi dan Aswini; 2012). Dalam penelitian ini mensintesis nanopartikel perak dengan reduktor ekstrak daun sirih menggunakan iradiasi *microwave* dan uji aktivitas antibakteri melawan bakteri Gram positif dan Gram negatif.

Telah lama diketahui bahwa tanaman dapat mereduksi ion logam. Tanaman memiliki berbagai macam metabolit sekunder. Gugus terpenting dari metabolit tersebut adalah senyawa fenolik. Senyawa fenolik memiliki karakteristik yaitu paling sedikit terdapat satu cincin aromatik (C6) dengan satu atau lebih gugus hidroksil. Senyawa fenolik memiliki sifat antioksidan karena memiliki kecenderungan yang kuat dalam mereduksi logam. Kemampuan mengkhelat dan mereduksi logam dari senyawa fenolik karena memiliki karakter nukleofilik tinggi dari cincin aromatik (Michalak; 2006).

Sirih (*Piper betle linn.*) berkembang di India, Sri Lanka, Malaysia, Indonesia, Filipina dan Afrika Timur. Sirih mengandung senyawa antioksidan dalam jumlah yang besar (Nordin, *et al.*; 2014). Penggunaan sokletasi dalam ekstraksi tanaman dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi. Senyawa fitokimia dalam daun sirih kebanyakan bersifat polar dan larut dalam air (Pin, *et al.*; 2010). Etanol merupakan pelarut yang baik dan aman untuk ekstraksi polifenol. Penambahan air dengan etanol meningkatkan laju ekstraksi (Shi, *et al.*; 2005).

Penelitian ini menggunakan iradiasi *microwave* untuk membantu proses sintesis. Iradiasi *microwave* mempercepat waktu reaksi dan meningkatkan hasil tanpa menyebabkan perubahan berarti dalam reaksi kimia. Iradiasi

microwave memiliki keuntungan yaitu pemanasan homogen yang dapat berpengaruh secara langsung pada proses nukleasi sintesis nanopartikel perak (Punuri, *et al.*, 2012).

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian yaitu *heating mantle (electrothermal)*, perangkat sokletasi, oven (Memmert), *microwave* (LG), neraca analitik (Denver Instrumen), ayakan 50 mesh, *magnetic stirrer (Daihan LabTech)*, Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 1601), *Particle Size Analysis (PSA) (Malvern 1.20) Transmission Electron Microscope (TEM) (JEM-1400)*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu daun sirih, perak nitrat dari Sigma Aldrich, aquades, etanol dari Merck dengan *grade pro analyst*, kertas Whatman, arang aktif, kertas cakram, *Nutrient Broth (NB)*, *Nutrient Agar (NA)*, suspensi bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Prosedur penelitian meliputi preparasi bioreduktor mengacu pada penelitian yang dikembangkan oleh Aziziezhad, *et al.* (2014) menggunakan soklet. Daun sirih dicuci dengan air mengalir kemudian dikering-anginkan terlindung dari cahaya matahari selama 7 hari. Daun sirih diblender hingga menjadi serbuk kemudian diayak dengan ayakan 50 mesh dan diukur kadar air simplisia mengacu pada Mokoginta, *et al.* (2013). Simplisia dibungkus dalam kertas saring diekstraksi dengan 200 mL etanol 25% dengan alat soklet. Sebanyak 200 mL ekstrak dicampurkan dengan 5 g arang aktif yang telah dipanaskan dengan oven pada suhu 120°C 1 jam, distirer selama 30 menit. Ekstrak disaring dengan kertas Whatman.

Sintesis nanopartikel perak mengacu pada prosedur yang dikembangkan oleh Kudle, *et al.* (2014). Sebanyak 5 mL ekstrak dalam 45 mL AgNO_3 variasi konsentrasi 0,5; 1,0 dan 1,5 mM disintesis dalam *microwave* sampai terjadi perubahan warna. Terbentuknya nanopartikel perak ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi kuning kecoklatan. Selanjutnya nilai absorbansi dan panjang gelombang maksimal diketahui dengan spektrofotometer UV-Vis. Ukuran partikel tiap sampel ditentukan dengan PSA. Nanopartikel optimal dikarakterisasi dengan TEM. Stabilitas nanopartikel perak diukur secara berkala 0-2 minggu setelah sintesis.

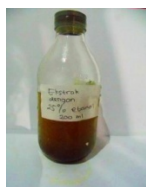
Uji antibakteri mengacu pada prosedur yang dikembangkan oleh Wahyudi, *et al.* (2011) dengan kontrol ekstrak daun sirih dan variasi

perbandingan konsentrasi perak nitrat (0,5; 1 dan 1,5 mM). Uji kualitatif dilakukan dengan pengamatan zona hambat dengan merendam cakram kertas kedalam koloid nanopartikel perak lalu ditempel pada permukaan NA yang telah ditumbuhkan bakteri uji. NA yang telah ditemplei kertas cakram diinkubasi selama 24 jam pada temperatur 37°C.

Hasil dan Pembahasan

Sampel yang digunakan untuk bioreduktor dalam penelitian ini adalah daun sirih hijau. Kadar air pada simplisia diperoleh sebesar 9,86%. Ekstrak daun sirih diperoleh dengan metode sokletasi. Simplisia daun sirih diekstraksi dengan 25% etanol 200 mL selama 6 jam pada suhu 88°C. Sirkulasi penyarian dilakukan sampai kandungan aktif simplisia tersari semua yang ditandai oleh cairan penyari yang merendam simplisia dalam sifon menjadi bening.

Hasil ekstraksi kemudian distirer serta menggunakan arang aktif. Tujuan dari perlakuan menggunakan arang aktif agar klorofil dalam daun dapat terserap dalam arang aktif sehingga tidak terlalu mengganggu dalam pengamatan perubahan warna dalam sintesis nanopartikel perak dan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Ekstrak yang dihasilkan pada Gambar 1. merupakan ekstrak cair berwarna kecoklatan.



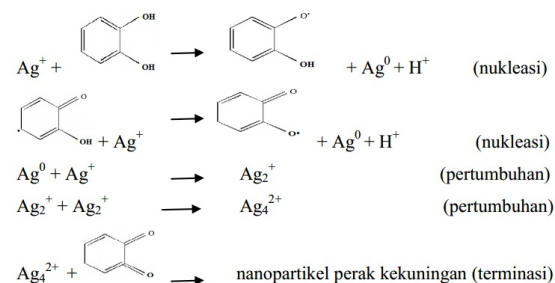
Gambar 1. Ekstrak daun sirih dari etanol 25%

Proses sintesis nanopartikel perak dilakukan secara *green synthesis* menggunakan bioreduktor ekstrak daun sirih (*Piper betle linn*) dengan bantuan irradiasi *microwave* pada daya 30% 320 Watt pada konsentrasi AgNO_3 0,5; 1 dan 1,5 mM dengan variasi waktu sintesis 140, 160, 180, 200 dan 220 detik. Terbentuknya nanopartikel perak secara umum ditandai adanya perubahan warna menjadi kuning cerah hingga coklat kekuningan (Vimala, *et al.*; 2015).

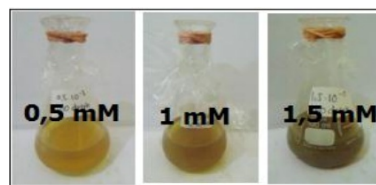


Gambar 2. Pengamatan visual proses sintesis nanopartikel perak

Berdasarkan hasil penelitian ini, larutan AgNO_3 /ekstrak sirih yang berwarna kuning pucat mula-mula berubah menjadi kuning cerah sampai coklat kekuningan yang menunjukkan pembentukan nanopartikel perak. Mekanisme umum pembentukan nanopartikel perak yang terjadi menurut Khan, *et al.* (2012) adalah:

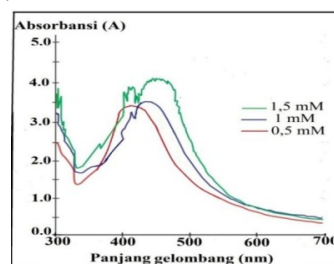


Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan tiga variasi AgNO_3 yaitu 0,5; 1 dan 1,5 mM. Dari Gambar 3. terlihat bahwa larutan dari kiri ke kanan semakin tua warna kuningnya. Terbentuknya nanopartikel perak tidak hanya ditandai dengan perubahan warna larutan, namun juga dengan munculnya λ_{maks} di kisaran 400-450 nm yang merupakan khas nanopartikel perak (Solomon, *et al.*; 2007).



Gambar 3. Pengamatan nanopartikel perak variasi konsentrasi AgNO_3

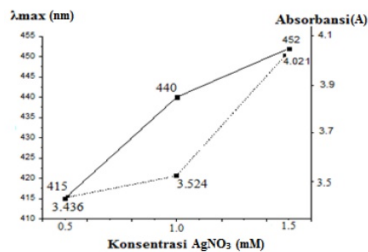
Terbentuknya nanopartikel perak tidak hanya ditandai perubahan warna larutan, namun juga dengan munculnya λ_{maks} di kisaran 400- 450 nm yang merupakan khas nanopartikel perak (Solomon, *et al.*; 2007). Pada reduktor yang sama, dengan konsentrasi prekursor lebih besar membuat reduksi nanopartikel perak membutuhkan waktu yang lebih cepat terlihat dari perubahan warna menjadi kuning cerah sampai coklat kekuningan dan meningkatnya intensitas absorbansi pada konsentrasi AgNO_3 1,5 mM.



Gambar 4. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak variasi konsentrasi AgNO_3 dan waktu sintesis 200 detik

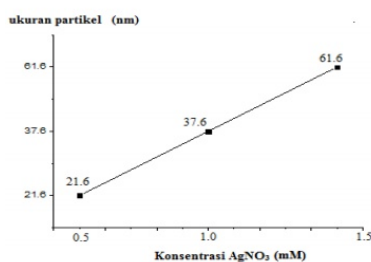
Nilai puncak panjang gelombang terkecil terjadi pada konsentrasi AgNO_3 0,5 mM yaitu 415 nm. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Maria, *et al.* (2014). Intensitas absorbansi meningkat seiring meningkatnya konsentrasi AgNO_3 dari 1 mM yang menandakan kecepatan waktu reduksi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi prekursor.

Pada konsentrasi AgNO_3 0,5 mM puncak panjang gelombang yang terbentuk lebih ramping dan simetris merupakan karakteristik nanopartikel monodispersi (Saikia, *et al.*; 2014).



Gambar 5. Kurva hubungan antara puncak panjang gelombang dan absorbansi terhadap konsentrasi AgNO_3 dan waktu sintesis 200 detik

Gambar 5. menunjukkan hubungan yang berbanding lurus antara puncak panjang gelombang dan absorbansi nanopartikel perak dengan variasi AgNO_3 . Kondisi optimal dicapai saat puncak panjang gelombang mencapai titik terendah yaitu 415 nm terdapat pada konsentrasi AgNO_3 0,5 mM, mengindikasikan ukuran nanopartikel terkecil dengan konsentrasi AgNO_3 0,5 mM. Selain dengan spektrofotometer UV-Vis, pengamatan sintesis nanopartikel perak terhadap variasi AgNO_3 dilakukan juga dengan PSA (*Particle Size Analyzer*).

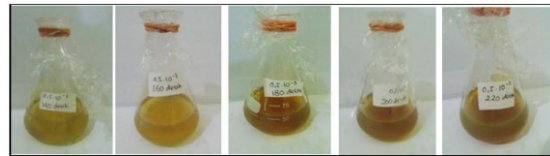


Gambar 6. Hubungan ukuran partikel terhadap konsentrasi AgNO_3 dan waktu sintesis 200 detik

Gambar 6. terlihat semakin besar konsentrasi AgNO_3 maka semakin besar ukuran nanopartikel yang dihasilkan. Hasil pengukuran dengan PSA memperlihatkan bahwa ukuran nanopartikel hasil sintesis dengan variasi AgNO_3 terkecil adalah 21,6 nm. Dari data tersebut, sesuai dengan pengukuran spektrofotometer UV-Vis dimana kondisi optimal dengan puncak panjang gelombang terendah memiliki ukuran nanopartikel terkecil pada konsentrasi

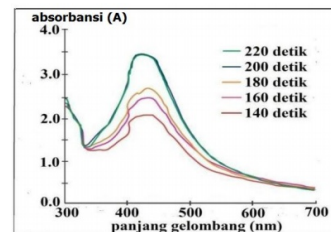
AgNO_3 0,5 mM.

Dalam penelitian ini sintesis dilakukan dalam variasi waktu irradiasi 140, 160, 180, 200 dan 220 detik. Menurut Ali, *et al.* (2015) irradiasi *microwave* efektif dalam pemanasan yang konsisten. Pada Gambar 7. menunjukkan semakin meningkatnya waktu sintesis, maka warna larutan nanopartikel perak menjadi coklat kekuningan.



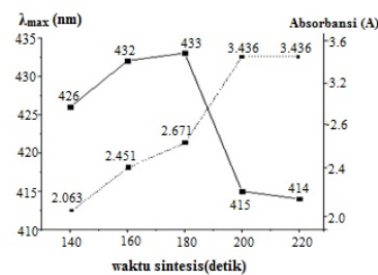
Gambar 7. Pengamatan nanopartikel perak dengan variasi waktu sintesis

Hasil absorpsi UV-Vis pada Gambar 8. menunjukkan peningkatan warna dengan peningkatan interval waktu karena produksi nanopartikel meningkat pada konsentrasi AgNO_3 0,5 mM.



Gambar 8. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak variasi waktu sintesis pada $[\text{AgNO}_3]$ 0,5 mM

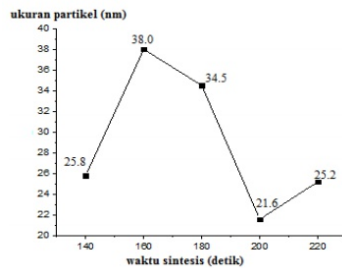
Semakin lama waktu sintesis diperoleh spektra yang semakin runcing dan simetris pada waktu sintesis 200 detik yang merupakan karakteristik SPR dari nanopartikel sferik (Pal, *et al.*; 2013).



Gambar 9. Hubungan antara puncak panjang gelombang dan absorbansi terhadap waktu sintesis pada $[\text{AgNO}_3]$ 0,5 mM

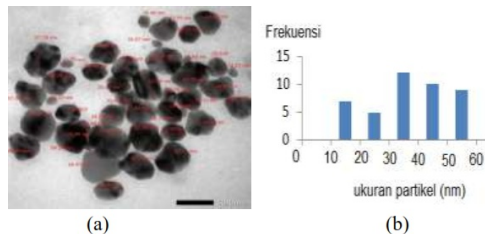
Gambar 9. menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik antara puncak panjang gelombang dan absorbansi nanopartikel perak dengan variasi waktu sintesis. Waktu sintesis semakin lama menyebabkan meningkatnya intensitas absorbansi dan puncak panjang gelombang bergeser semakin kecil sampai kondisi optimal.

Pada sintesis dengan waktu 200 detik puncak panjang gelombang mencapai 415 nm dan absorbansi 3,436 A, sintesis lebih dari 200 detik tidak menunjukkan pergeseran puncak panjang gelombang dan absorbansi yang signifikan. Hal ini menurut Ali, *et al.* (2015) karena pemanasan menggunakan *microwave* yang terlokalisasi sehingga proses nukleasi koloidal perak telah selesai dan mencapai bentuk serta ukuran partikel yang kecil dan stabil pada waktu sintesis 200 detik.



Gambar 10. Hubungan ukuran partikel terhadap waktu sintesis pada $[AgNO_3]$ 0,5 mM

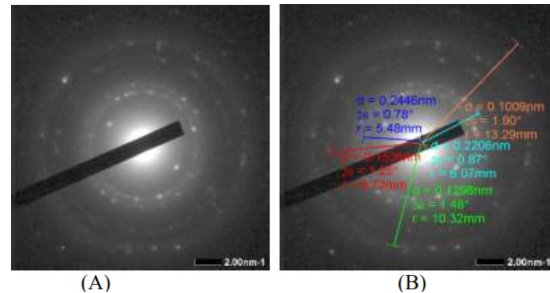
Ukuran terkecil nanopartikel perak didapatkan dengan waktu sintesis 200 detik. Hasil pengukuran dengan PSA memperlihatkan bahwa ukuran nanopartikel hasil sintesis dengan variasi $AgNO_3$ terkecil adalah 21,6 nm. Hasil analisa TEM dapat dilihat pada Gambar 11. yang menunjukkan diameter nanopartikel perak dan membuktikan bahwa partikel perak yang dihasilkan memiliki ukuran dalam skala nano.



Gambar 11. Analisa nanopartikel perak menggunakan TEM (a) Penampakan nanopartikel perak perbesaran 200.000x (b) Histogram distribusi ukuran

Pada Gambar 11.(a) menunjukkan nanopartikel perak dengan ukuran terkecil yang terukur adalah sebesar 11,94 nm hingga ukuran terbesar mencapai 57,76 nm dengan rata-rata ukuran 37,44 nm pada sampel dengan konsentrasi $AgNO_3$ 0,5 mM setelah 3 hari sintesis. Pada Gambar 11.(a) menunjukkan nanopartikel perak dengan ukuran terkecil yang terukur adalah sebesar 11,94 nm hingga ukuran terbesar mencapai 57,76 nm dengan rata-rata ukuran 37,44 nm pada sampel dengan konsentrasi $AgNO_3$ 0,5 mM setelah 3 hari sintesis. Penampakan TEM pada Gambar 11.(a)

juga menunjukkan bentuk nanopartikel yang bervariasi, hal ini karena penelitian menggunakan metode *green synthesis*.



Gambar 12. Pola SAED nanopartikel perak
Pola Selected Area Electron Diffraction (SAED) pada Gambar 12. menjelaskan bahwa nanopartikel perak memiliki struktur kristalin yang dapat ditentukan secara teoritik dan eksperimen. Secara teoritik, struktur kristalin nanopartikel perak ditentukan berdasarkan rumus dari Klug dan Alexander (1974) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis teoritik difraksi nanopartikel perak

No.	2θ	Sin ² θ	$\frac{\sin^2\theta}{\sin^2\theta_{min}}$	2. $\frac{\sin^2\theta}{\sin^2\theta_{min}}$	3. $\frac{\sin^2\theta}{\sin^2\theta_{min}}$	(h ² +k ² +l ²)	hkl
1.	0,78	4,6331.10 ⁻⁵	1	2	3	3	111
2.	0,87	5,7640.10 ⁻⁵	1,2440	2,4881	3,732	4	200
3.	1,25	1,1898.10 ⁻⁴	2,5680	5,1360	7,704	8	220
4.	1,48	1,6680.10 ⁻⁴	3,6001	7,2003	10,8003	11	311

Pada Tabel 1. diketahui nilai hkl kristalin nanopartikel perak yaitu {111}, {200}, {220}, {311}. Menurut Ismul, *et al.* (2011) nilai hkl tersebut merupakan struktur kristalin *face centered cubic (fcc)*. Hasil tersebut sesuai dengan JCPDS Ag yang mempunyai hkl {111}, {200}, {220}, {311}. Selain itu, nilai d hasil penelitian dapat dibandingkan dengan d pada JCPDS Ag.

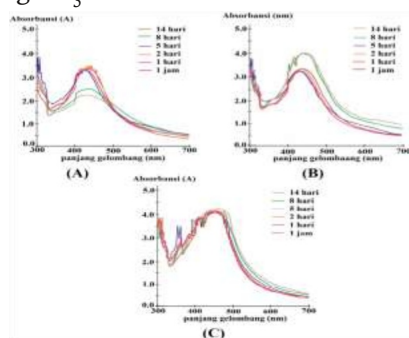
Tabel 2. Perbandingan d hasil penelitian dengan d pada JCPDS A

No.	d hasil penelitian		d (Å) JCPDS
	nm	(Å)	
1.	0,2446	2,4460	2,3590
2.	0,2206	2,2060	2,0440
3.	0,1536	1,5360	1,4450
4.	0,1298	1,2980	1,2310

Nilai d (jarak antar bidang) pada Tabel 2. memiliki kemiripan dengan nilai d pada JCPDS Ag. Kemiripan tersebut menunjukkan bahwa nanopartikel hasil sintesis pada penelitian ini merupakan nanopartikel perak.

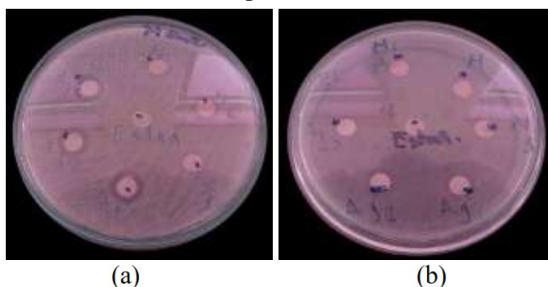
Pada Gambar 13. terlihat dalam waktu dan ekstrak yang sama, nanopartikel dari $AgNO_3$ 0,5 dan 1 mM lebih stabil, menurut Saware, *et al.*,(2014) karena jumlah Ag^+ yang direduksi lebih sedikit sehingga ekstrak menjadi berlebih dan menyebabkan nanopartikel yang

terbentuk lebih stabil. Jumlah Ag^+ yang direduksi lebih banyak tetapi jumlah ekstrak berlebih sehingga nanopartikel yang terbentuk menjadi stabil. Pada nanopartikel perak dari AgNO_3 1,5 mM, spektra yang terbentuk lebih melebar dan tidak simetris. Menurut Saware, *et al.* (2014), hal ini menandakan terdapat partikel teraglomerasi. Hasil ini sama dengan penelitian Saware, *et al.* (2014), pembentukan nanopartikel perak menurun dengan meningkatnya konsentrasi AgNO_3 .



Gambar 13. Spektra UV-Vis: pengamatan kestabilan pada variasi konsentrasi AgNO_3 (A) 0,5 mM (B) 1 mM (C) 1,5mM

Pengujian tersebut dilakukan secara kualitatif sesuai prosedur yang dilakukan oleh Wahyudi, *et al.* (2011) berdasarkan lebar zona bening media bakteri Gram positif *S. aureus* dan bakteri Gram negatif *E. coli*.



Gambar 14. Uji aktivitas antibakteri nanopartikel perak terhadap bakteri (a) *S. aureus* dan (b) *E. coli*

Dari Gambar 14. terlihat nanopartikel perak memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri. Hal ini dapat dilihat dari lebar zona bening pada media yang telah ditanam bakteri. Ekstrak sirih sebagai kontrol menunjukkan tidak memiliki daya hambat terhadap bakteri. Hal ini diduga karena penggunaan pelarut dalam ekstraksi yang kurang efektif dalam melarutkan komponen antibakteri dalam daun sirih. Hal ini sama dengan penelitian Agarwal, *et al.* (2012) ekstrak etanol, ekstrak metanol dan ekstrak air daun sirih tidak menunjukkan zona hambat yang jelas terhadap *S. aureus*, sedangkan ekstrak etil asetat daun sirih menunjukkan zona hambat yang jelas.

Nanopartikel perak efektif menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif *S. aureus* lebih kuat dibanding daya hambat terhadap bakteri Gram negatif *E. coli*. Peningkatan konsentrasi AgNO_3 pada nanopartikel perak menunjukkan daya hambat bakteri semakin menurun, hal ini menurut Sotiriou dan Pratsinis (2010) karena nanopartikel perak yang berukuran lebih kecil lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

Simpulan

Kondisi optimal sintesis nanopartikel perak dengan puncak panjang gelombang 415 nm diperoleh dengan konsentrasi AgNO_3 0,5 mM dan waktu sintesis 200 detik. Nanopartikel perak optimal yang dikarakterisasi dengan TEM berbentuk sferik kristalin dengan ukuran terkecil 11,94 nm. Nanopartikel perak efektif menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif *S. aureus*. Peningkatan konsentrasi AgNO_3 pada nanopartikel perak menunjukkan daya hambat bakteri semakin menurun.

Daftar Pustaka

- Agarwal, T., R. Singh, A.D. Shukla, I. Waris dan A. Gujrati. 2012. Comparative Analysis of Antibacterial Activity of Four Piper Betel Varieties. *Applied Science Research*, 3(2): 698-705
- Ali, K., B. Ahmed, S. Dwivedi, Q. Saquib, A. Abdulaziz. AlKhedhairi, J. Musarrat. 2015. Microwave Accelerated Green Synthesis of Stable Silver Nanoparticles with Eucalyptus globulus Leaf Extract and Their Antibacterial and Antibiofilm Activity on Clinical Isolates. *PlosOne*, 1(1): 1-20
- Ariyanta, H.A. 2014. Preparasi Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi dan Aplikasinya sebagai Antibakteri Penyebab Infeksi. *Indo. J. Che. Sci.*, 3(1): 2-5
- Azizinezhad, F, Z. Nasrullahi dan S.K. Sadnezhaad. 2014. Synthesis of the Silver Nanoparticles with using of Camomile Plant. *European Journal of Experimental Biology*, 4(2): 124-127
- Elumalai, E.K., T.N.K.V. Prasad, P.C. Nagajyothi dan E. David. 2011. A Bird's Eye View on Biogenic Silver Nanoparticles and Their Application. *Pelagia Research Library*, 2(2): 88-97
- Ismul, A.H., Sumariah, Dahlan, M. & Mohtar. 2011. Penentuan Struktur Kristal Al-Mg Alloy dengan Difraksi Neutron. *J. Fisika*, 14: 41-48
- Khan, M.A.M., S. Kumar, M. Ahamed, S.A. Alrokayan, M.S. Al Salhi. 2011. Structural and Thermal Studies of Silver Nanoparticles and Electrical Transport Study of Their Thin Films. *Nanoscale Research Letters*, 6(1): 434

- Kudle, K.R., M.R. Donda, R. Merugu, Y. Prashanti dan M.P.P. Rudra. 2013. Microwave Assisted Green Synthesis of Silver Nanoparticles using *Stigmaphyllon littorale* Leaves, Their Characterization and Anti-Microbial Activity. *International Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 3(1): 13-16
- Klug, H.P. dan L.E. Alexander. 1974. *X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials*. 2nd Edition. California: University of California
- Maria, B.S., A. Devadiga, V.S. Kodialbail dan M.B. Saiduta. 2014. Synthesis of Silver Nanoparticles using Medicinal *Zizyphus Xylopyrus* Bark Extract. *Appl Nanosci.*, 8 (1): 3-5
- Michalak, A. 2006. Phenolic Compound and Their Antioxidant Activity in Plants Growing Under Heavy Metal Stress. *Polis Journal of Environmental Study*, 15(4): 523-530
- Nordin, M.A.F., W.H.A.W. Harun, F.A. Razak dan M.Y. Musa. 2014. Growth Inhibitory Response and Ultrastructural Modification of Oral-Associated Candidal Reference Strains (ATCC) by Piper betle L.extract. *International Journal of Oral Science*, 6(1): 15-21
- Pal, J., M.K. Deb, D.K. Deshmukh. 2013. Microwave-Assisted Synthesis of Silver Nanoparticles using Benzo-18-crown-6 as Reducing and Stabilizing Agent. *Appl Nanosci.*, 13(6): 1-4
- Punuri, J.B., P. Sharma, S. Sibyala, R. Tamuli dan U. Bora. 2012. Piper betle-Mediated Green Synthesis of Biocompatible Gold Nanoparticles. *International Nano Letters*, 2(18): 1-9
- Renugadevi, K. dan R.V. Aswini. 2012. Microwave Irradiation Assisted Synthesis of Silver Nanoparticle 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
- Saikia, D. 2014. Green Synthesis and Optical Characterizations of Silver Nanoparticles. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, 3(2): 132-135
- Saware, K., B. Sawle, B. Salimath, K. Jayanthi, V. Abbaraju. 2014. Biosynthesis and Characterization of Silver Nanoparticles using *Ficus benghalensis* Leaf Extract. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(15): 868-874
- Shi, N.H., J. Pohorly, G. Mittal, Y. Kakuda, Y.M. Jiang. 2005. Extraction of Polyphenolics from Plant Material for Functional Foods. *Engineering and Technology Food*, 21: 139-66
- Solomon, S.D., M. Bahadory, A.V. Jeyarajasingam, S.A. Rutkowsky, C. Boritz. 2007. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, 84(2): 322-325
- Vimala, R.T.V., G. Sathishkuma dan S. Sivaramakrishnan. 2015. Optimization of Reaction Conditions to Fabricate Nano-Silver using *Couroupita guianensis* Aubl. (Leaf & Fruit) and Its Enhanced Larvicidal Effect. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 135(1): 110-115
- Wahyudi T., Sugiyana dan Helmy. 2011. Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivasnya terhadap Bakteri *E. Coli* dan *S. Aureus*. *Arena Tekstil*, 26(1): 1-6