

Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia Sinensis*) dengan Iradiasi *Microwave*

Synthesis of Silver Nanoparticles by Using Bioreductor of Green Tea Leaf Extract (*Camellia Sinensis*) by Microwave Irradiation

¹⁾Dewi Mustika Rahim, ²⁾Netti Herawati, ³⁾Hasri

¹²³⁾Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Makassar, Jl. Dg Tata Raya Makassar, Makassar 90224
Email: dewimustika13@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak daun teh hijau (*Camellia Sinensis*) dengan iradiasi *microwave*. yang untuk mengetahui pengaruh waktu sintesis dan pengaruh pH stabilizer terhadap sintesis nanopartikel perak ekstrak daun teh hijau dengan iradiasi *microwave* serta karakterisasinya. Larutan AgNO_3 3 mM direduksi menggunakan ekstrak daun teh hijau dan di iradiasi *microwave* pada variasi waktu sintesis 1-5 menit. Penentuan waktu sintesis optimal menggunakan spektrofotometer UV-Vis diukur setiap 1 menit. Nanopartikel dengan waktu sistesis 4 menit, pH stabilizer menggunakan asam sitrat dan NaOH dengan pH 6-9. Karakterisasi nanopartikel menggunakan instrumen SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) dan PSA (*Particle Size Analyzer*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu sintesis optimal adalah 4 menit. Morfologi nanopartikel perak yang dikarakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) yang dihasilkan cenderung beragregasi. Adanya kecenderungan nanopartikel untuk beragregasi menyebabkan ukuran atau diameter nanopartikel tidak seragam. Ukuran dan distribusi ukuran nanopartikel perak dikarakterisasi menggunakan PSA(*Particle Size Analyzer*) dihasilkan pada pH 6 antara 31,01 – 402,44 nm dengan rata-rata ukuran sebesar 91 nm, pH 7 antara 35,03 – 740,899 nm dengan rata-rata ukuran sebesar 106,3 nm, pH 8 antara 39,58 – 193,48 nm dengan rata-rata ukuran 71,7, dan pH 9 antara 35,03 – 171,25 nm dengan rata-rata ukuran sebesar 64,4 nm. Disimpulkan bahwa hasil sintesis nanopartikel perak terkecil diperoleh pada pH 9 dan waktu sintesis 4 menit.

Kata kunci: *Ekstrak Daun Teh Hijau, Nanopartikel Perak, Iradiasi Microwave*

ABSTRACT

Research has been carried out on the synthesis of silver nanoparticles using a bioreductor of green tea leaf extract (*Camellia*

Sinensis) by irradiation *microwave*. This research aimed to determine the effect of synthesis time and pH stabilizer on the synthesis of silver nanoparticles of green tea leaf extract by microwave irradiation and its characterization. The 3 mM AgNO₃ solution was reduced using green tea leaf extract and microwave irradiated in a variation of the synthesis time 1-5 minutes. The determining optimum of synthesis time was done by analysis of UV-Vis spectrum for every minutes. Nanoparticles with a synthesis time of 4 minutes, the stabilizer of silver nanoparticles used citric acid and NaOH with a pH of 6-9. Characterization of nanoparticles using SEM-EDS instrument (Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) and PSA (Particle Size Analyzer). The results showed that the optimal synthesis time was 4 minutes. The morphology of silver nanoparticles characterized using SEM produced tends to aggregate. The tendency of nanoparticles to aggregate causes size or diameter of nanoparticles was random. The size and distribution of size silver nanoparticles characterized using PSA were produced at pH 6 between 31.01 - 402.44 nm with an average size of 91 nm, pH 7 between 35.03 - 740,899 nm with an average size amounting to 106.3 nm, pH 8 between 39.58 - 193.48 nm with an average size of 71.7, and pH 9 between 35.03 - 171.25 nm with an average size of 64.4 nm. It was concluded that the synthesis of the smallest silver nanoparticles was obtained at pH 9 and synthesis time of 4 minutes.

Keywords: *Green Tea Leaf Extract, Silver Nanoparticles, Microwave Irradiation*

PENDAHULUAN

Salah satu bidang material yang banyak mendapat perhatian dalam beberapa tahun terakhir adalah nanopartikel karena memiliki peran penting dalam kemajuan teknologi. Nanopartikel dapat berupa logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, dan senyawa organik. Nanopartikel perak adalah salah satu nanopartikel yang paling banyak diteliti dan aplikasinya yang paling umum adalah penggunaan nanopartikel perak sebagai antibakteri, substansi antimikroba, anti inflamasi, anti angiogenesis, anti jamur, antiviral, dan anti aktivitas platelet (Mallikarjuna, dkk., 2011).

Nanopartikel perak dapat disintesis dengan metode fisika, kimia dan biologi. Meskipun metode fisika dan kimia menghasilkan partikel yang murni, namun metode tersebut mahal dan tidak ramah lingkungan. Sehingga terdapat metode baru, yaitu biosintesis nanopartikel berbasis tumbuhan sebagai bioreduktor. Penggunaan senyawa organik tumbuhan untuk sintesis nanopartikel merupakan metode yang ramah lingkungan, serta lebih sederhana. Disamping itu, jenis tumbuhan yang mengandung bahan reduktor ini cukup melimpah dan mudah didapatkan di wilayah Indonesia.

Beberapa penelitian telah mensintesis nanopartikel perak

menggunakan ekstrak tumbuhan, seperti penggunaan ekstrak daun bambu sebagai pereduksi ion perak dari senyawa AgNO_3 menjadi nanopartikel perak pada suhu 65°C diperoleh kurang dari 100 nm (Yasin, 2013). Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun tapak dara, dengan ukuran nanopartikel rata-rata 35-55 nm berbentuk acak kubik (Ponarulselvam, dkk., 2012). Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun ranti dan kembang telang diperoleh nanopartikel dengan ukuran rata-rata 20 nm (Krithiga, dkk., 2015). Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun stroberi, diperoleh nanopartikel perak berbentuk bola dengan ukuran 9-15 nm (Naik, dkk., 2013). Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak metanol daun teh hijau, diperoleh ukuran 157,8 nm (Negara, 2017).

Daun teh mengandung senyawa katekin turunan dari senyawa flavonoid yang memiliki gugus hidroksil (-OH) dapat berperan dalam proses reduksi ion Ag^+ menjadi Ag nanopartikel (Loo, dkk., 2012). Sifat dari senyawa katekin yang mudah mengalami oksidasi yaitu pelepasan atau pendonor elektron untuk menghambat molekul antioksidan menjadi radikal bebas. Berdasarkan sifat antioksidannya ini dan mudahnya mengalami oksidasi dapat mempermudah proses pembentukan nanopartikel perak yang mengalami proses reduksi.

Pada umumnya sintesis nanopartikel perak dilakukan 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*. Iradiasi *microwave* dapat mempercepat waktu reaksi dan meningkatkan hasil tanpa menyebabkan perubahan berarti dalam reaksi kimia, serta memiliki keuntungan yaitu pemanasan homogen yang dapat berpengaruh secara langsung pada proses nukleasi sintesis nanopartikel perak (Punuri, dkk., 2012). Beberapa penelitian menggunakan metode tersebut yaitu, sintesis nanopartikel menggunakan bioreduktor daun jambu dengan iradiasi *microwave* diperoleh ukuran nanopartikel 21,04 nm (Arifin, dkk., 2016). Sintesis nanopartikel dengan menggunakan daun *Stigmaphyllon littorale* dengan Iradiasi *microwave* diperoleh ukuran 23 nm (Kudle, dkk., 2013). Sintesis nanopartikel dengan ekstrak daun sirih diperoleh ukuran rata-rata 11,94 nm (Purnamasari, dkk., 2016).

Sejauh ini penelusuran peneliti, penggunaan Iradiasi *microwave* terhadap sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun teh hijau belum dilakukan. Sehingga penelitian ini, bertujuan mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun teh hijau dengan bantuan Iradiasi *microwave*.

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah wadah maserasi, alat-alat gelas, neraca analitik, *microwave Electrolux EMM2021MW, c*

entrifuge, stopwatch, blender, Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu tipe UV 2450, SU3500 *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *Particle Size Analyzer* (PSA) merk HORIBA SZ-100.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk halus daun teh (*Camellia Sinensis*), akuabides, metanol p.a, AgNO₃ padat, Asam sitrat padat, larutan NaOH 0,1 M, kertas saring Whatman, aluminium foil.

B. Prosedur Kerja

1. Persiapan Bahan

Daun teh hijau (*Camellia sinensis*) yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan pada suhu kamar. Daun yang telah kering dipotong kecil-kecil kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender, setelah itu ditimbang sebanyak 100 g.

2. Ekstraksi

Sebanyak 100 gram daun teh halus dimaserasi dengan 1000 mL metanol. Maserasi dilakukan sebanyak 2 kali 48 jam disertai pengocokan/pengadukan setiap 12 jam. Kemudian didekantasi dan disaring dengan corong Buchner yang dilapisi kertas saring Whatman. Ekstrak yang diperoleh kemudian dipisahkan dengan menggunakan evaporator hingga tersisa seperlima dari volume awal. Ekstrak kental yang diperoleh selanjutnya dapat langsung digunakan untuk proses sintesis nanopartikel perak. Ekstrak daun teh disimpan dalam lemari es ketika tidak digunakan.

3. Sintesis Nanopartikel Perak

Ekstrak daun teh hijau menjadi 6 bagian (satu sebagai blanko, dan lima bagian perlakuan sebagai pengujian pembentukan nanopartikel). Sebanyak 5 mL ekstrak daun teh ditambahkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL, yang telah berisi larutan AgNO₃ 3 mM sebanyak 100 mL. Larutan kemudian dipanaskan dengan *microwave* pada daya 380 Watt dengan variasi waktu 1-5 menit, selanjutnya dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis untuk melacak saat terbentuknya nanopartikel perak yang ditandai dengan munculnya puncak absorbansi pada panjang gelombang 385-515 nm (Yasin, dkk., 2013) dan atau terjadinya perubahan warna larutan, dari warna kuning menjadi coklat. Larutan sampel yang diperoleh disentrifugasi pada 8900 rpm selama 45 menit, endapan yang dihasilkan lalu dicuci dengan akuabides lalu disentrifugasi kembali, proses ini dilakukan sebanyak 4-5 kali. Hasil sentrifugasi terakhir kemudian ditambahkan 10 mL Asam Sitrat 0,01 M dan diatur pH 6,7,8, dan 9 menggunakan NaOH 0,1 M. Selanjutnya disentrifugasi kembali pada 8900 rpm selama 40 menit, lalu endapan dicuci dengan akuabides dan disentrifugasi kembali selama 20 menit. Endapan yang diperoleh dikeringkan menggunakan oven.

4. Karakterisasi Nanopartikel Perak

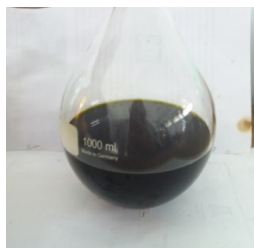
Morfologi nanopartikel perak dianalisis dengan menggunakan instrumen *Scanning Electron*

Microscopy (SEM). Nanopartikel juga dianalisis dengan instrument *Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS) untuk mengetahui komposisi kimianya. Endapan yang telah dikeringkan dengan oven, kemudian dianalisis dengan menggunakan SEM-EDS dan Larutan yang diperoleh kemudian dianalisis dengan instrumen *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui distribusi ukuran nanopartikel perak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekstraksi Daun Teh Hijau

Daun teh hijau halus diekstrak menggunakan pelarut metanol selama 4 x 24 jam. Ekstrak daun teh yang berwarna hijau pekat seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ekstrak Daun Teh Hijau

B. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Iradiasi Microwave

Terbentuknya nanopartikel perak secara umum dapat dilihat pada perubahan warna larutan, dimana larutan menjadi coklat kehitaman. Seiring bertambahnya waktu, maka warna dari larutan semakin pekat, diakibatkan senyawa fenolik yang terkandung dalam ekstrak daun teh hijau yang berupa katekin menjadi bioreduktor karena senyawa tersebut

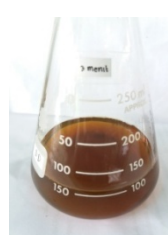
memiliki gugus $-OH$ yang dapat mereduksi ion perak (Ag^+) menjadi nanopartikel perak (Ag).



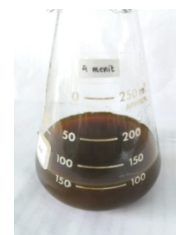
1 menit



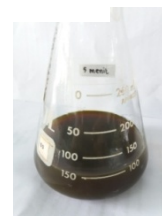
2 menit



3 menit



4 menit

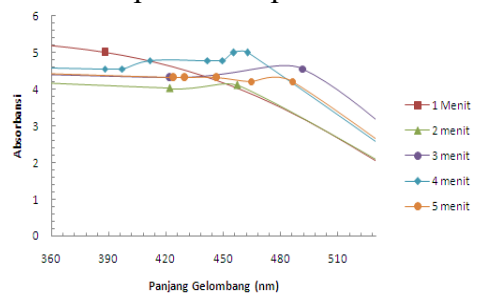


5 menit

Gambar 2. Perubahan Warna Larutan yang Terjadi Seiring Bertambahnya Waktu Sintesis

Pemanasan *microwave* lebih baik daripada pemanasan konvensional karena, secara konsisten diperoleh hasil nanopartikel dengan ukuran kecil, distribusi ukuran lebih ringkas, dan kristalisasi derajat tinggi. Sehingga pada penelitian ini, diperoleh ukuran nanopartikel perak yang lebih kecil.

Selanjutnya, untuk membuktikan bahwa reaksi reduksi sedang berlangsung maka dilakukan pengukuran absorbansi panjang gelombang dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Indikasi terbentuknya nanopartikel diketahui dengan terbentuknya puncak absorbansi pada kisaran panjang gelombang 385-510 nm (Nanocomposix.com, 2014). Nanopartikel yang telah disintesis kemudian dianalisis menggunakan UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 3.



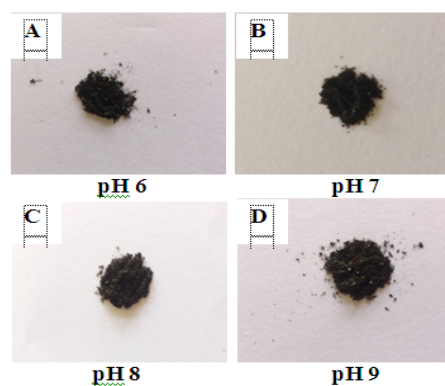
Gambar 3. Spektrum UV-Vis Sintesis Nanopartikel Perak pada Berbagai Rentang Waktu

Berdasarkan hasil pengukuran UV-Vis diperoleh waktu optimum sintesis nanopartikel perak adalah menit ke 4, karena memiliki absorbansi yang tinggi yang menandakan partikel lebih kecil (Purnamasari, 2015) dan memiliki *peak spectrum* panjang gelombang pembentukan nanopartikel perak yang banyak.

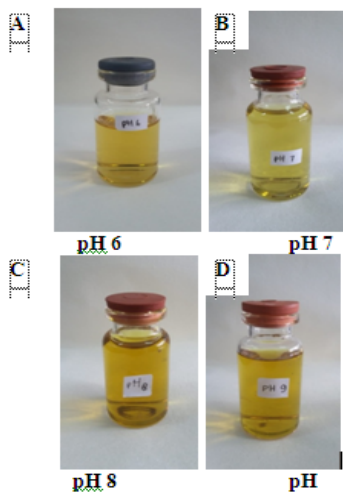
C. Penambahan Stabilizer pada Sintesis Nanopartikel Perak

Endapan nanopartikel perak yang telah dicuci dengan akuabides, selanjutnya untuk mencegah terjadinya

agregasi digunakan asam sitrat 0,01 M. Asam sitrat akan bertindak sebagai stabilizer (Mohapatra, dkk., 2015). Di mana gugus karboksilat pada asam sitrat berperan sebagai penstabilisasi dan gugus hidroksil menutupi nanopartikel, terjadi interaksi ikatan hidrogen antar molekul dipermukaan, yang meningkatkan stabilisasi koloid (Pacioni, dkk., 2015). Penambahan NaOH untuk mengontrol pH larutan (Mohapatra, dkk., 2015). Pada penelitian ini digunakan NaOH 0,1 M untuk mengatur pH 6,7,8, dan 9. pH dapat mempengaruhi distribusi ukuran partikel. Kemampuan berbagai gugus fungsi untuk mereduksi berkurang dengan adanya konsentrasi H⁺ yang tinggi pada kondisi pH rendah. Namun saat pH ditingkatkan kemampuan berbagai kemampuan gugus fungsi sebagai pereduksi meningkat sehingga meningkatkan kestabilan (Nurbayasari, dkk., 2017).



Gambar 4. Serbuk Hasil Sintesis Nanopartikel Perak



Gambar 5. Larutan Nanopartikel Perak

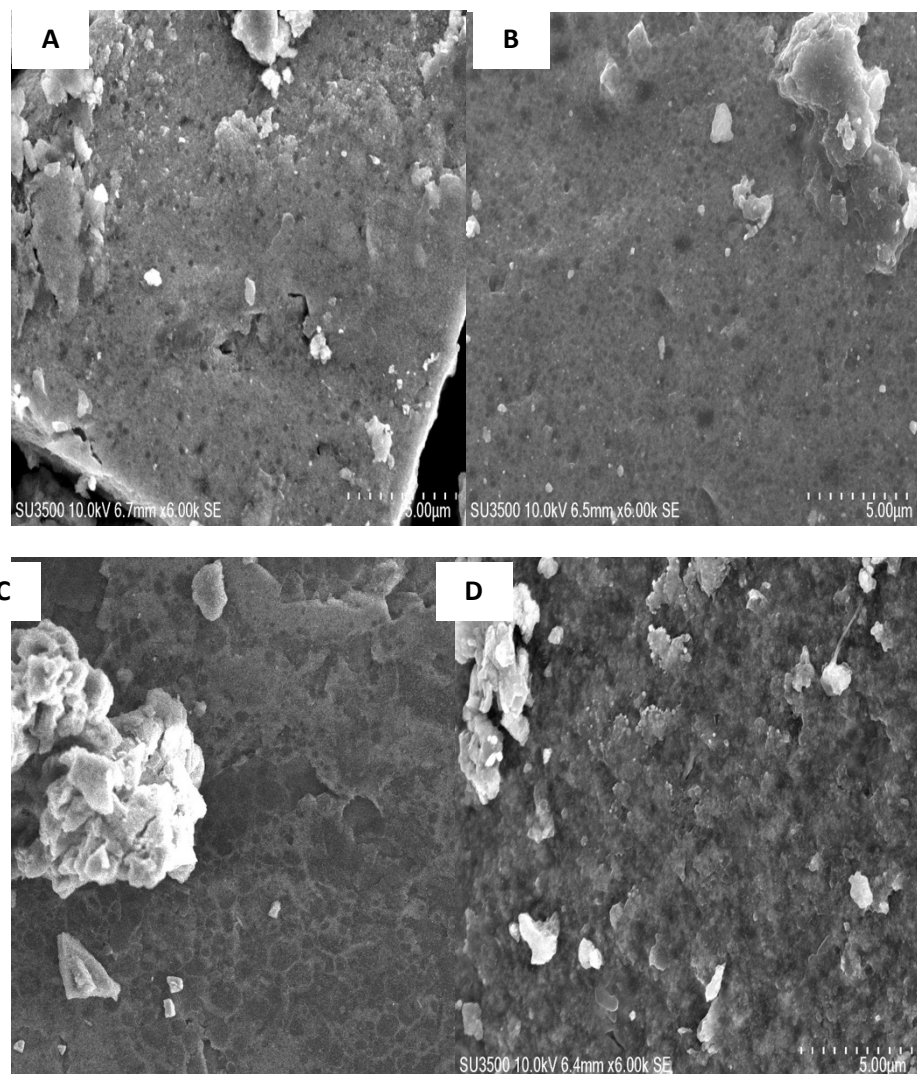
Endapan yang diperoleh dari hasil *sentrifugasi* kemudian dikeringkan untuk memperoleh serbuk nanopartikel perak. Hasil sintesis nanopartikel perak, diperoleh serbuk nanopartikel pada pH 6 yaitu 0,02387 gram dengan rendemen sebesar 75,25%. Untuk pH 7 diperoleh serbuk nanopartikel sebanyak 0,02571 gram dengan rendemen sebesar 81,07%. Dan untuk pH 8 dan pH 9 masing-masing diperoleh serbuk nanopartikel sebanyak 0,02806 gram dan 0,0312

gram dengan rendemen sebesar 88,48% dan 98,39%.

D. Karakterisasi Nanopartikel Perak

1. Scanning Elektron Microscope (SEM)

Analisis SEM bertujuan untuk menunjukkan morfologi partikel. Hasil pengamatan SEM pada gambar 6 memperlihatkan bahwa morfologi nanopartikel perak pada pH 6-9 yang dihasilkan hampir sama dan tidak terlalu terlihat perbedaan yang signifikan, namun menunjukkan adanya distribusi partikel yang tidak merata. cenderung beragregasi, dimana umumnya partikel-partikel di bawah pengamatan mikroskop cenderung menggumpal. Kecenderungan nanopartikel untuk beragregasi disebabkan oleh gaya van der Waals dalam larutan nanopartikel. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pH stabilizer tidak berpengaruh pada morfologi nanopartikel perak yang dihasilkan.



Gambar 6. Morfologi Nanopartikel Perak (A) pH 6, (B) pH 7, (C) pH 8, dan (D) pH 9

Komposisi kimia nanopartikel perak hasil sintesis dapat diketahui melalui hasil analisis instrumen *Energy-dispersive X-ray spectroscopy* (EDS). Persentase komposisi kimia sampel diperoleh menggunakan algoritma ZAF, dimana Z adalah nomor atom unsur, A adalah absorbansi, dan F adalah nilai *fluorescence* (seallabs.com, 2015).

Melalui algoritma tersebut diperoleh persen atom dan berat dari sampel. Persen komposisi kimia nanopartikel perak yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 7.

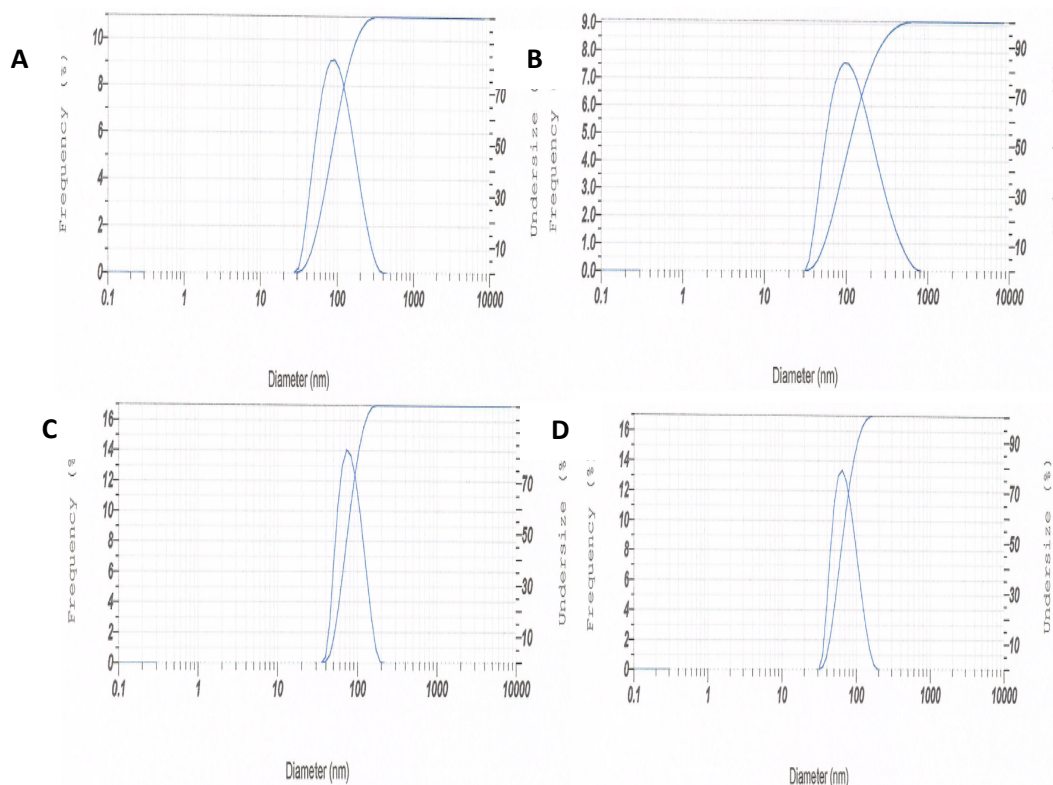
Berdasarkan data EDS yang ditunjukkan Tabel 4.2 nampak bahwa komposisi % Massa Perak (Ag) terbesar pada nanopartikel perak hasil sintesis dengan pH 8 yaitu sebesar

40,9 % dari berat sampel nanopartikel yaitu sebanyak 0,02806 g. Dilanjut dengan nanopartikel perak pada pH 9 yaitu sebesar 38,41 % dari berat sampel nanopartikel yaitu sebanyak 0,0312 g. Dan nanopartikel perak

hasil sintesis pH 7 dan pH 6 yaitu sebesar 38,41 % dan 29,96 % dari berat sampel nanopartikel yaitu sebanyak 0,02571 g dan 0,02387 g.

pH	Unsur/ Elemen	Massa (%)
6	Karbon (C)	36,65
	Oksigen (O)	34,38
	Klor (Cl)	2,02
	Perak (Ag)	29,96
7	Karbon (C)	26,43
	Oksigen (O)	26,87
	Natrium (Na)	5,83
	Klor (Cl)	2,46
	Perak (Ag)	38,41
8	Karbon (C)	27,24
	Oksigen (O)	24,58
	Natrium (Na)	4,14
	Klor (Cl)	3,05
	Perak (Ag)	40,9
9	Karbon (C)	11,56
	Oksigen (O)	9,63
	Natrium (Na)	2,92
	Klor (Cl)	5,05
	Perak (Ag)	38,65

Gambar 7. Komposisi Kimia Hasil Sintesis Nanopartikel Perak pH 6-9



Gambar 8. Grafik Distribusi Ukuran Hasil Sintesis Nanopartikel Perak (A) pH 6, (B) pH 7, (C) pH 8, dan (D) pH 9

Ukuran atau diameter nanopartikel dapat diukur menggunakan instrumen PSA. Ukuran/diameter nanopartikel perak hasil sintesis dapat dilihat pada Gambar 8.

Ukuran rata-rata nanopartikel perak dari hasil perhitungan *Z-Average Instrument*, untuk pH 6 sebesar 91 nm, pH 7 sebesar 106,3 nm, pH 8 sebesar 71,7 nm, dan pH 9 sebesar 64,4 nm. Ditinjau dari ukuran partikel, keempatnya telah masuk dalam skala nanopartikel, Dimana ukuran 1-100 nm yaitu partikel ultra halus, dan 100-2500 nm yaitu partikel halus. Dan 1000 nm = 1 μ m (Laroui,

dkk., 2011). Pada penelitian ini ukuran nanopartikel perak yang terkecil diperoleh pada pH 9 yaitu, 64,4 nm.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Waktu sintesis optimal dalam sintesis nanopartikel menggunakan bioreduktor ekstrak daun teh hijau dengan iradiasi *microwave* yaitu 4 menit. pH stabilizer tidak terlalu berpengaruh pada hasil morfologi

namun berpengaruh pada ukuran distribusi nanopartikel perak.

2. Karakterisasi nanopartikel yang dihasilkan dari proses sintesis adalah morfologi permukaan nanopartikel perak untuk keempat sampel masih terdapat gumpalan (agregasi), dan ukuran nanopartikel perak terkecil diperoleh pada pH 9 yaitu sebesar 64,4 nm.

B. Saran

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari penelitian ini, maka diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai sintesis dengan variasi konsentrasi AgNO_3 dengan iradiasi *microwave*, penggunaan stabilizer sintesis nanopartikel perak sehingga mendapatkan kestabilan yang baik, dan aplikasi pemanfaatan nanopartikel perak.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Nurul., Harjono dan Nanik Wijayanti. 2016. Sintesis Nanopartikel Perak menggunakan Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) dengan Iradiasi Microwave. *Indonesiam Journal of Chemical Science*. Vol. 5, No. 3.
- Kudle, K.R., M.R. Donda, R. Merugu, Y. Prashanti dan M.P. Pratap 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
- Krithiga, Narayanaswamy., Athimoolam Rajalakshmi dan Ayyavoo Jayachitra. 2015. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Leaf Extracts of *Clitoria ternatea* and *Solanum nigrum* and Study of Its Antibacterial Effect against Common Nosocomial Pathogens. *Journal of Nanoscience*. Volume 2015, Article ID 928204, 8 pages.
- Loo, Yuet Ying., Buong Woei Chieng, Mitsuaki Nishibuchi dan Son Radu. 2012. Synthesis of silver nanoparticles by using tea leaf extract from *Camellia Sinensis*. *International Journal of Nanomedicine*. Vol 7. Hal. 4263–4267.
- Mallikarjuna, K., G. Narasimha, G. R. Dillip, B. Praveen, B. Shreedhar, C. Sree Lakshmi, B. V. S. Reddy dan B. Deva Prasad Raju. 2011. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Ocimum* Leaf Extract and Their Characterization. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. Vol. 6, No. 1.
- Naik, L. Srinivas., K. Paul Marx, P. Sree Vennela dan Venkata Ramana Devi. 2013. Green synthesis of silver nanoparticles using Strawberry leaf extract (*Arbutus unedo*) and evaluation of its antimicrobial activity-a Novel study. *International Journal of Nanomaterials and Biostructures*; Vol. 3, No. 3, Hal: 47-50
- Negara, Satria Putra Jaya. 2017. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Ekstrak Metanol Daun

- Teh Hijau. Skripsi. Makassar : Univesitasi Negeri Makassar.
- Ponarulselvam, S., Panneerselvam C, Murugan K, Aarthi N, Kalimuthu K dan Thangamani S. 2012. Synthesis of silver nanoparticles using leaves of *Catharanthus roseus* Linn. G. Don and their antiplasmodial activities. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. Vol. 2, No. 7.
- 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.
- Purnamasari, Margareta Dian., Harjono dan Nanik Wijayanti. 2016. Sintesis Antibakteri Nanopartikel Perak menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirih dengan Iradiasi Microwave. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Malang.
- Mineral Dan Batubara, 8 (1).
- Yasin, Sohail., Lin Liu dan Juming Yao. 2013. Biosynthesis of Silver Nanoparticles by Bamboo Leaves Extract and Their Antimicrobial Activity. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*. Vol. 6, No. 1.