

Sintesis Nanopartikel Perak Termodifikasi Kitosan dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum basilicum L.*) dan Uji Aktivasinya sebagai Antibakteri

Tiwi Prasetyaningtyas , Agung Tri Prasetya, dan Nuni Widiarti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Januari 2020

Disetujui Maret 2020

Dipublikasikan Mei 2020

Keywords:

nanopartikel perak
daun kemangi
green synthesis
sokletasi
antibakteri

Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai sintesis AgNPs dengan kitosan sebagai capping agent dan ekstrak kemangi sebagai reduktor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh volume AgNO_3 terhadap ukuran dan karakteristik nanopartikel yang dihasilkan serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan bakteri. Nanopartikel perak disintesis dengan metode *green synthesis* selama 2 jam pada suhu ruang. Sintesis diawali dengan mereduksi AgNO_3 dengan bioreduktor ekstrak daun kemangi dan ditambahkan kitosan 1% sebagai stabilisator. Hasil penelitian menunjukkan ekstrak daun kemangi yang dipreparasi dengan metode sokletasi mengandung senyawa fenolik yang berperan dalam proses reduksi perak. Koloid nanopartikel perak yang disintesis selanjutnya dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan Particle Size Analyzer (PSA). Analisis terhadap spektra UV-Vis menunjukkan bahwa kondisi optimal sintesis nanopartikel perak diperoleh pada AgNPs II-kit (45:10:15 v/v) dengan waktu pembentukan pada hari ke-0. Identifikasi ukuran partikel menggunakan PSA menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang disintesis mempunyai ukuran rata-rata terkecil 366 nm yaitu pada koloid AgNPs II-kit dengan distribusi melebar karena terkompositkan dengan kitosan. Analisis zeta potensial menunjukkan nanopartikel perak yang disintesis memiliki ukuran yang beragam dan kurang stabil. Nanopartikel perak menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli* lebih kuat dibandingkan dengan *S. aureus*.

Abstract

Synthesis of AgNPs with chitosan as a capping agent and basil extract as reductor have been studied. The purpose of this study was to determine the effect of the AgNO_3 volume on the size and characteristics of silver nanoparticles and their effect on bacterial growth. Silver nanoparticles were synthesized by the green synthesis method for 2 hours at room temperature. Synthesis begins with reducing AgNO_3 with bioreductors of basil leaf extract and 1% chitosan added as a stabilizer. The results of the research on basil leaf extract prepared by the sokletation method contained phenolic compounds played a role in the process of silver reduction. The synthesized silver nanoparticles colloid were then characterized using spectrophotometers UV-Vis and Particle Size Analyzer (PSA). Analysis of UV-Vis spectra showed optimal conditions for synthesis of silver nanoparticles obtained in AgNPs II-kit (45:10:15 v/v) with the formation time on day 0. Particle size identification using PSA showed that the synthesized silver nanoparticles had a average size of 366 nm, which is in the AgNPs II-kit colloid with a wide distribution because it was composited with chitosan. Potential zeta analysis shows that the synthesized silver nanoparticles have diverse and less stable sizes. The synthesized silver nanoparticles showed antibacterial activity against *E. coli* tends to be stronger than *S. aureus* bacteria.

© 2020 Universitas Negeri Semarang

 Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
E-mail: tiwiprasetyaningtyas@gmail.com

p-ISSN 2252-6951

e-ISSN 2502-6844

Pendahuluan

Nanoteknologi memiliki peran penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini untuk kesejahteraan kehidupan manusia. Melalui nanoteknologi, dapat dibuat material pada skala nano atau nanopartikel (Haryono *et al.*, 2008). Nanopartikel logam banyak menarik perhatian karena aplikasinya yang luas antara lain di bidang optik, elektronik, biologi, katalis dan kedokteran (Wahyudi *et al.*, 2011). Nanopartikel perak merupakan salah satu nanopartikel logam yang paling banyak disintesis. Dalam bentuk ionnya, perak merupakan agen antibakteri yang kuat dan bersifat toksik bagi sel (Haryono *et al.*, 2008). Aktivitas antibakteri dari perak meningkat ketika ukurannya semakin kecil. Semakin kecil ukuran perak, luas permukaan semakin besar dan meningkatkan kontak dengan bakteri atau jamur (Guzman *et al.*, 2009). Konsentrasi, bentuk dan ukuran nanopartikel perak serta waktu kontak dengan bakteri merupakan faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas antibakteri nanopartikel.

Reduksi kimia merupakan metode yang umum digunakan karena relatif sederhana, mudah, dan efektif menghasilkan AgNPs (Ahmad *et al.*, 2011). Prekursor logam perak yang digunakan adalah AgNO₃. Garam perak AgNO₃ direduksi oleh sejumlah agen pereduksi organik dan anorganik seperti natrium borohidrida/NaBH₄ (Mostafa *et al.*, 2011) dan hidrazina/N₂H₄ (Guzman *et al.*, 2009). Penggunaan bahan kimia ini berbahaya dan berdampak merugikan karena teradsorpsinya sifat racun (pelarut anorganik) pada permukaan material. Metode *green synthesis* telah dikembangkan oleh banyak peneliti saat ini untuk mengatasi masalah tersebut. Prinsipnya yaitu memanfaatkan kandungan senyawa metabolit sekunder tumbuhan sebagai agen pereduksi (Solomon *et al.*, 2007).

Ketersediaan sumber daya alam di Indonesia sangat berlimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini memungkinkan untuk memperoleh reduktor alami. Bioreduktor dapat diperoleh dari bahan alam yang mengandung senyawa antioksidan atau poliol yang dapat mereduksi perak (Arifin *et al.*, 2016). Senyawa metabolit sekunder tumbuhan seperti terpenoid, flavonoid dan tanin memiliki aktifitas antioksidan dan berperan dalam reduksi perak (Shankar *et al.*, 2004). Salah satu tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan adalah daun kemangi (*Ocimum basilicum L.*). Tanaman ini memiliki khasiat untuk pengobatan sembelit, diare, penyakit kulit, gangguan ginjal, epilepsi dan penambah aroma pada makanan (Nurchayanti *et al.*, 2011). Zat aktif yang ada pada daun kemangi antara lain flavonoid, saponin, tanin, alkaloid, triterpenoid/steroid dan minyak atsiri (Medica *et al.*, 2004).

Stabilitas AgNPs memegang peranan yang sangat penting terutama ketika nanopartikel tersebut dikarakterisasi dan diaplikasikan ke dalam sebuah produk (Haryono *et al.*, 2008). Kecenderungan AgNPs untuk teraglomerasi menyebabkan distribusi ukuran partikel koloid tidak merata, terbentuk endapan dan berkurangnya efek antibakteri yang dimiliki (Haryani *et al.*, 2016). Kitosan merupakan polimer yang dapat digunakan sebagai agen penstabil. Kitosan memiliki sifat non toksik, biokompatibel, biodegradabel dan tidak bereaksi secara kimia dengan senyawa aktif yang dibawa (Lusianawati, 2013). Kitosan memiliki gugus amina (-NH₂) dan hidroksil (-OH) di setiap monomernya yang dapat berinteraksi dengan kation logam transisi sehingga mampu bertindak sebagai penstabil AgNPs.

Metode

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *heating mantle* (elektrotermal), perangkat sokletasi, neraca analitik digital (*Mettler Toledo* A1204), ayakan (100 *mesh*), *magnetic stirrer* (IKAMAG), Spektrofotometer UV-Vis (*Spectroquant Pharo* 300 M), *particle size analyzer* (*Horiba* SZ 100). Bahan yang digunakan adalah daun kemangi, perak nitrat dari *Sigma Aldrich*, etanol, kitosan, asam asetat dari *Merck* dengan *grade pro analyst*, kertas *Whatman*, kertas cakram, nutrient agar (NA), amoxicilin 2%, suspense bakteri *Eschericia coli* dan suspense bakteri *Staphylococcus aureus* dari Universitas Diponegoro, aquades, aquademin.

Preparasi sampel dilakukan dengan mencuci bersih daun kemangi kemudian dikering-anginkan terhindar dari sinar matahari secara langsung hingga kering (3 hari). Setelah kering daun kemangi di blender hingga halus dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*. Ekstraksi daun kemangi mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Azizinezhad *et al.* (2014) menggunakan soklet. Sebanyak 20 g serbuk daun kemangi disokletasi dengan 250 mL pelarut etanol 70% hingga uap pelarut yang dihasilkan tidak berwarna lagi. Ekstrak kasar disaring menggunakan kertas *Whatmann* sehingga dihasilkan larutan berwarna hijau pekat. Larutan tersebut siap digunakan sebagai reduktor nanopartikel perak.

Sintesis nanopartikel perak pada penelitian ini mengadopsi serta mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Ahmad *et al.* (2015). Sintesis diawali dengan mereaksikan AgNO₃ dan 10 mL ekstrak daun kemangi lalu ditambah 15 mL kitosan 1% dalam dua perbandingan volume AgNO₃ yaitu AgNPs I (35 mL) dan AgNPs II (45 mL). Sintesis dilakukan selama 2 jam pada suhu ruang disertai dengan pengadukan

menggunakan magnetic stirrer. Terbentuknya nanopartikel perak secara visual ditandai dengan adanya perubahan warna larutan menjadi kuning hingga kecoklatan (Bakir, 2011).

Pengujian aktivitas antibakteri secara kualitatif mengacu pada penelitian Wahyudi *et al.*, (2011) menggunakan metode difusi cakram. Kertas cakram dibasahi dengan larutan nanopartikel perak kemudian ditempelkan pada permukaan media NA (nutrient agar) yang telah ditumbuhi bakteri uji *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Selanjutnya diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Sebagai kontrol positif kertas cakram direndam dengan Amoxicilin 2% dan dilakukan pengujian terhadap bakteri yang sama. Kontrol negatif menggunakan larutan ekstrak+air. Daya hambat diketahui dengan adanya zona bening yang timbul disekitar kertas cakram.

Hasil dan Pembahasan

Determinasi dilakukan untuk memastikan bahwa tanaman yang digunakan dalam penelitian ini benar kemangi. Berdasarkan hasil identifikasi tumbuhan yang dilakukan di Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Jurusan Biologi Universitas Negeri Semarang diperoleh informasi bahwa tanaman yang digunakan adalah genus *Ocimum*, dengan keterangan spesies adalah *Ocimum basilicum L.* atau yang biasa disebut kemangi (*sweet basil*).

Sintesis AgNPs pada penelitian ini menggunakan metode kimia yaitu melalui reduksi kimia. Secara umum terdapat tiga komponen penting dalam sintesis AgNPs secara reduksi kimia yaitu prekursor logam, reduktor, serta *capping agent* dan penstabil. Prekursor logam perak yang digunakan dalam penelitian ini adalah garam AgNO_3 , reduktor dari ekstrak kemangi dan kitosan sebagai *capping agent* dan penstabil AgNPs. Kitosan memiliki gugus amina ($-\text{NH}_2$) dan hidroksil ($-\text{OH}$) yang dapat terlibat interaksi dengan kation logam transisi sehingga mampu bertindak sebagai penstabil AgNPs (Ahmad *et al.*, 2015). Sintesis diawali dengan mereaksikan larutan AgNO_3 dengan kitosan 1%, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* kemudian ditambah dengan ekstrak kemangi disertai pengadukan secara kontinyu hingga 2 jam. Perlakuan yang diuji adalah memvariasikan volume prekursor AgNO_3 (Ahmad *et al.*, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian, AgNO_3 direaksikan dengan kitosan menghasilkan larutan bening, kemudian terjadi perubahan warna menjadi kuning setelah ditambahkan dengan ekstrak kemangi. Perubahan warna ini menunjukkan bahwa reaksi reduksi telah berlangsung dan nanopartikel perak telah terbentuk. Zielinska *et al.* (2009) menyatakan bahwa terbentuknya AgNPs ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi kuning seiring bertambahnya waktu. Hasil sintesis koloid AgNPs ditunjukkan Gambar 1.

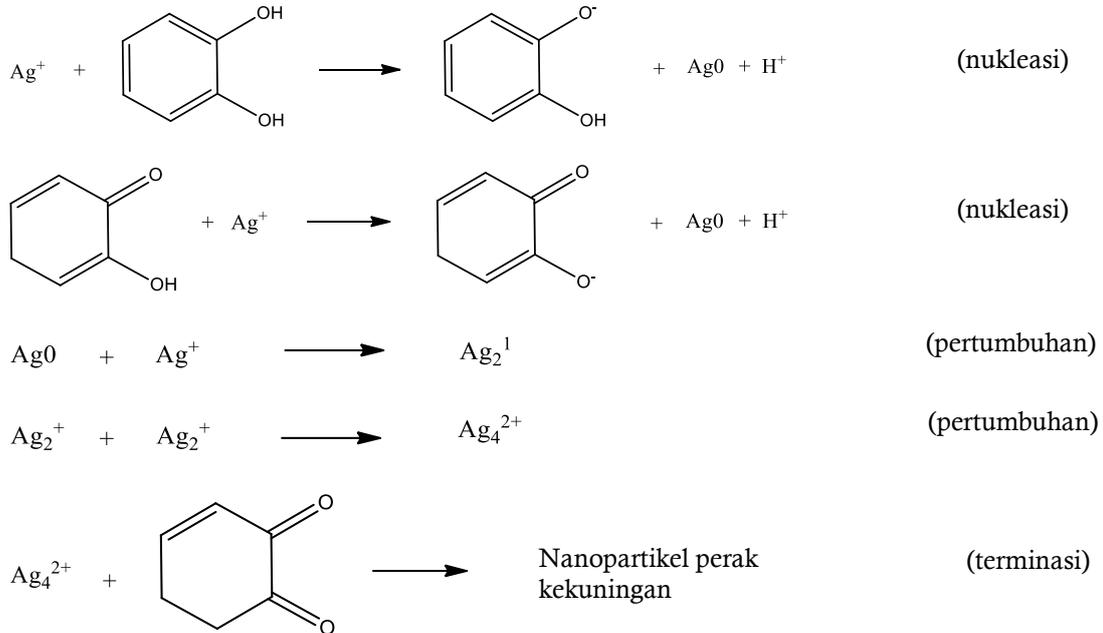


Gambar 1. Hasil sintesis AgNPs secara reduksi kimia dengan agen pereduksi ekstrak daun kemangi dan kitosan sebagai penstabil

Larutan AgNPs I merupakan larutan yang terdiri dari 35 mL AgNO_3 , 10 mL ekstrak daun kemangi dan 15 mL kitosan, sedangkan AgNPs II merupakan larutan yang terdiri dari 45 mL AgNO_3 , 10 mL ekstrak daun kemangi dan 15 mL kitosan. Gambar 1 menunjukkan kedua sampel mengalami perubahan warna setelah 2 minggu waktu sintesis namun tidak terlalu signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses reduksi berjalan lambat akibat volume kemangi sebagai reduktor terlalu sedikit dan ion-ion Ag^+ terkompositkan dengan kitosan membentuk metallopolymer $[\text{Ag-kitosan}]^+$ (Ahmad *et al.*, 2015). Ion Ag^+ dapat berikatan dengan kitosan melalui penggantian ikatan hidrogen intramolekuler dan intermolekuler kitosan, menyebabkan Ag^+ tersebar dalam matriks kitosan. Logam Ag yang berfungsi sebagai penghubung dan pengganti ikatan hidrogen intramolekuler dan intermolekuler kitosan menyebabkan indeks kristalinitas dari kitosan semakin menurun (Samiyatun, 2010). Penurunan indeks kristalinitas menyebabkan kitosan cenderung untuk membentuk khelat dan logam Ag tidak lagi berfungsi sebagai penghubung dan pengganti ikatan intramolekuler dan intermolekuler (Modrzejewska *et al.* 2009).

Perak nitrat dilarutkan ke dalam air mengalami disosiasi menjadi ion perak positif (Ag^+) dan ion nitrat negatif (NO_3^-). Untuk mengubah Ag^+ menjadi Ag^0 diperlukan proses reduksi dengan menerima elektron dari donor. Otari *et al.* (2014), menyatakan bahwa komponen biomolekul seperti flavonoid, terpenoid, asam amino, alkaloid, senyawa fenolik dan bimolekul yang mengandung gugus fungsi aldehyd dalam tanaman dapat berfungsi sebagai reduktor ion perak. Gugus fungsi dalam senyawa metabolit

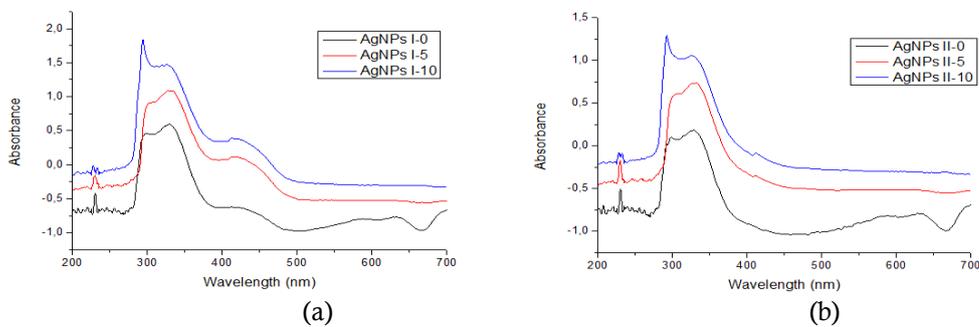
sekunder mendonorkan elektron ke ion Ag^+ untuk menghasilkan Ag partikel-nano (Masakke *et al.*, 2014). Berdasarkan hasil fitokimia kemangi yang dilakukan oleh Usman *et al.* (2012), kemangi mengandung flavonoid, steroid, terpenoid, eugenol, methyleugenol dan xyclohexanol menthol. Mekanisme umum reaksi pembentukan nanopartikel perak yang terjadi diilustrasikan seperti Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi pembentukan nanopartikel perak (AgNPs)

Terbentuknya nanopartikel perak tidak hanya lihat dari perubahan warna larutan tetapi juga bisa dilihat dari munculnya λ_{maks} di kisaran 400-450 nm yang merupakan khas nanopartikel perak (Salomon *et al.*, 2007). Hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis pada Gambar.3 menunjukkan puncak serapan maksimum AgNPs I-kit dan AgNPs II-kit pada hari pertama sintesis berada pada λ_{maks} 300-400 nm. Hal ini mengindikasikan bahwa reduksi Ag^+ dalam larutan belum terjadi secara sempurna sehingga λ_{maks} koloid hasil sintesis terdeteksi sebagai ion Ag^+ . Handayani (2011), menyatakan bahwa absorbansi maksimum pada λ_{maks} 400-450 nm merupakan nanopartikel perak, sedangkan pada λ_{maks} 300-400 nm adalah ion Ag^+ .

Kestabilan larutan koloid AgNPs berdasarkan fungsi waktu juga dapat dianalisis berdasarkan perubahan puncak serapannya (Wahyudi *et al.*, 2011). Pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa kestabilan nanopartikel perak kurang dan cenderung mengalami aglomerasi. Hasil penentuan kestabilan AgNPs hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 3. Kestabilan diukur pada hari ke-0, 5, dan 10 setelah sintesis.



Gambar 3. Spektra UV-Vis pengamatan kestabilan (a)AgNPs I-kit dan (b)AgNPs II-kit selama 2 minggu

Hasil pengukuran kestabilan AgNPs pada Gambar 3 menunjukkan bahwa lamanya penyimpanan berpengaruh terhadap kestabilan nanopartikel perak. Pertambahan waktu penyimpanan menunjukkan pembentukan partikel dengan ukuran semakin besar. Nilai absorbansi yang terus meningkat seiring pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang terbentuk bertambah banyak seiring lamanya waktu kontak (Handayani, 2010). Gaya tegang permukaan besar menyebabkan gaya kohesi antar partikel semakin besar sehingga interaksi antara

nanopartikel perak lebih mungkin terjadi. Hal ini menyebabkan ukuran nanopartikel perak cenderung lebih besar karena membentuk *cluster* (Evanof *et al.*, 2005). Ukuran nanopartikel yang besar dan sedikit pada penelitian ini kemungkinan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur larutan, reduktor, serta waktu reaksi (Sileikaite *et al.*, 2006). Pada saat sintesis AgNPs-kit tidak dilakukan pemanasan ataupun variasi suhu. Hal tersebut mengakibatkan laju pembentukan nanopartikel perak membutuhkan waktu lebih lama untuk menghasilkan partikel nano yang lebih banyak. Volume ekstrak kemangi yang terlalu sedikit dibandingkan volume kitosan dan garam AgNO₃ menyebabkan keberadaan ion Ag⁺ berlebih dalam larutan dan berkurangnya fungsi ekstrak kemangi sebagai bioreduktor AgNPs. Peristiwa ini didukung oleh hasil karakterisasi ukuran partikel menggunakan *Particle size analyzer* (PSA).

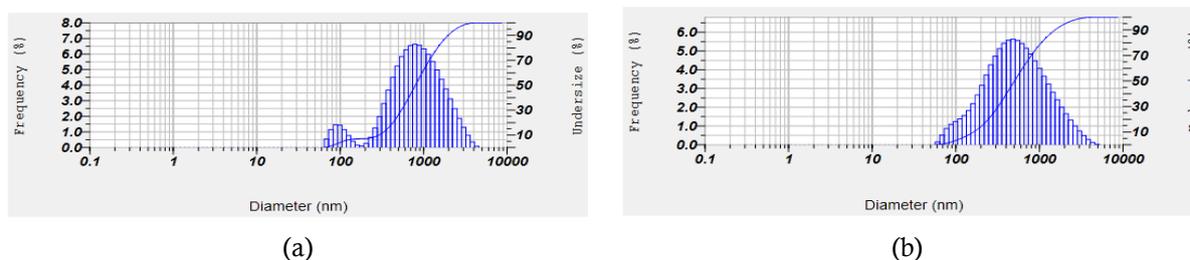
Karakterisasi AgNPs dengan PSA ini bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran dan keseragaman partikel. Hasil analisis ukuran AgNPs menggunakan PSA dengan variasi waktu pembentukan yaitu selama 2 minggu terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran AgNPs selama 2 minggu

| Koloid | Waktu pembentukan | Ukuran partikel (nm) | PI (Polidispersity Index) |
|----------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
| AgNPs I - kit | Hari ke-0 | 670,7 | 0,356 |
| | Hari ke-5 | 668,4 | 0,237 |
| | Hari ke-10 | 708,3 | 0,533 |
| | Hari ke-14 | 717,2 | 0,515 |
| AgNPs II - kit | Hari ke-0 | 374,5 | 0,699 |
| | Hari ke-5 | 387,6 | 0,328 |
| | Hari ke-10 | 474,6 | 0,417 |
| | Hari ke-14 | 537,8 | 0,148 |

Berdasarkan Tabel 1 diketahui ukuran rata-rata partikel (Z_{Ave}) AgNPs I dan AgNPs II mengalami perubahan semakin besar seiring bertambahnya waktu, mengindikasikan bahwa selama 2 minggu waktu penyimpanan terus terjadi proses reduksi perak dalam larutan. Ukuran partikel rata-rata terkecil AgNPs I-kit yaitu 668,4 nm diperoleh pada hari ke-5 sintesis dengan distribusi ukuran 200-4000 nm. Ukuran partikel rata-rata terkecil pada AgNPs II-kit adalah 374,5 nm dengan distribusi 60-5000 nm. Ukuran partikel yang jauh dari nano dengan distribusi yang melebar diperkirakan karena AgNPs terkompositkan dengan kitosan sehingga mobilitas partikel yang terukur pada PSA teranalisis sebagai komposit [Ag-kitosan]⁺ (Ahmad *et al.*, 2011).

Analisis ini perlu diperkuat dengan karakterisasi koloid AgNPs menggunakan TEM, prinsipnya yaitu elektron berenergi tinggi ditembakkan ke sampel sehingga berkas elektron menembus bagian lunak sampel termasuk kitosan dan ditahan oleh bagian keras sampel (nano perak). Berkas elektron yang lolos akan ditangkap oleh detektor yang berada di belakang sampel membentuk bayangan yang sama dengan bagian keras sampel (Abdullah dan Khairurrijal, 2009). Distribusi ukuran sampel yang cukup lebar menandakan kitosan sebagai capping agent dalam sintesis AgNPs ini kurang mampu membuat partikel AgNPs agar ukurannya homogen. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh sifat kitosan yang memiliki derajat polimerisasi yang sangat heterogen walaupun dalam spesifikasi yang sama, terutama kitosan yang dipreparasi secara kimiawi.



Gambar 4. Distribusi ukuran (a)AgNPs I-kit dan (b)AgNPs II-kit pada sintesis hari ke-0

Grafik distribusi ukuran sampel pada Gambar 4 menunjukkan adanya peak pada daerah 100 nm sehingga dapat dikatakan partikel Ag berukuran nano berhasil disintesis dalam larutan sampel namun intensitasnya sangat sedikit.

Telah dilakukan analisis Zeta potensial koloid AgNPs untuk menentukan muatan listrik permukaan nanopartikel. Pada sistem koloid, nilai zeta potensial rendah menunjukkan terjadinya flokulasi karena daya tarik menarik antar partikel dispersi lebih besar dari daya tolak menolaknya. Sedangkan nilai zeta potensial

yang tinggi menunjukkan stabilitas larutan baik. Perilaku koloid dengan nilai zeta potensial lebih dari ± 61 mV memiliki stabilitas luar biasa (Greenwood, 1999). Analisis zeta potensial koloid AgNPs secara lengkap terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Potensial zeta koloid AgNPs I dan AgNPs II

| Larutan Indikator | Waktu Pembentukan | Zeta Potensial (mV) |
|-------------------|-------------------|---------------------|
| AgNPs I-kit | Hari ke-0 | 113,2 |
| | Hari ke-5 | 167,3 |
| | Hari ke-10 | 167,2 |
| | Hari ke-14 | 187,2 |
| AgNPs II-kit | Hari ke-0 | 184,1 |
| | Hari ke-5 | 198,6 |
| | Hari ke-10 | 197,7 |
| | Hari ke-14 | 160,2 |

Berdasarkan Tabel 2 sampel AgNPs I memiliki nilai zeta potensial 184,1 mV pada hari ke-0 dan mengalami kenaikan seiring berjalannya waktu, koloid AgNPs II juga menghasilkan nilai potensial zeta yang terus mengalami kenaikan seiring berjalannya waktu. Nilai potensial zeta kedua larutan yang jauh lebih besar dari ± 61 mV menunjukkan partikel dalam koloid tersebut mempunyai derajat kestabilan yang rendah dan cenderung mengalami aglomerasi.

Pengujian aktivitas antibakteri larutan koloid AgNPs bertujuan untuk mengetahui efektivitas nanopartikel perak hasil sintesis terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. AgNPs yang digunakan adalah larutan AgNPs sintesis hari ke-0 (paling optimal). Terdapat dua larutan kontrol sebagai pembanding yaitu kontrol positif (amoxicilin 2%) dan kontrol negatif (ekstrak kemangi). Kontrol negatif berfungsi untuk melihat ekstrak kemangi memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri atau tidak. Sedangkan kontrol positif berperan sebagai pembanding untuk melihat aktivitas antibakteri yang diberikan oleh nanopartikel perak. Hasil uji aktivitas antimikroba partikel nano perak dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Diameter zona hambat AgNPs terhadap bakteri *E.coli* dan *S.aureus*

| Sampel | Diameter <i>E.coli</i> (nm) | Diameter <i>S.aureus</i> (nm) |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Amoxicilin 2% | 8,2 | 11,4 |
| Ekstrak kemangi | 2,7 | 2,1 |
| AgNPs I-kit | 4,3 | 2,4 |
| AgNPs II-kit | 3,1 | 2,2 |

Tabel 3. menunjukkan koloid AgNPs memiliki aktivitas inhibisi terhadap bakteri *E.coli* dan *S.aureus* dengan terbentuknya zona bening di sekitar kertas cakram. Besarnya diameter zona bening yang terbentuk menunjukkan kekuatan daya hambat AgNPs terhadap bakteri. Hasil penelitian menunjukkan koloid AgNPs menghambat pertumbuhan *E.coli* lebih besar dibandingkan dengan *S.aureus*. Perbedaan komposisi kimiawi dinding sel yang dimiliki oleh masing-masing bakteri menyebabkan *E.coli* lebih mudah ditembus oleh partikel-partikel koloid dan menunjukkan efek inhibisi yang lebih besar dari bakteri *S.aureus*. Bakteri Gram positif, jala mureinnya merupakan 30-70 % dari massa kering dinding sel (setebal 40 lapis). Sedangkan pada bakteri Gram negatif jala mureinnya berlapis tunggal dan konsentrasinya kurang dari 10% massa kering dinding sel (Pelezar, 1998).

Simpulan

Koloid AgNPs II-kit merupakan koloid dengan ukuran terkecil dan paling optimal yaitu 374,5 nm, waktu pembentukan pada hari ke-0. Variasi volume AgNO₃ memberikan pengaruh terhadap absorbansi dan panjang gelombang nanopartikel perak yang dihasilkan. Koloid AgNPs II-kit dengan volume AgNO₃ lebih banyak memiliki absorbansi lebih rendah dari AgNPs I-kit. Identifikasi ukuran partikel menggunakan PSA menunjukkan bahwa lamanya penyimpanan berpengaruh terhadap kestabilan AgNps. Panjang gelombang maksimum AgNPs dan nilai absorbansi yang bertambah besar seiring bertambahnya waktu menunjukkan pembentukan partikel dengan ukuran semakin besar akibat membentuk *cluster*. Senyawa flavonoid dalam ekstrak daun kemangi diduga berperan dalam proses reduksi nanopartikel perak. Nanopartikel perak paling

optimal kemudian diuji aktivitas antibakterinya, terlihat bahwa koloid AgNPs memiliki efek antibakteri lebih besar terhadap *E.coli* dibandingkan dengan *S.aureus*.

Daftar Pustaka

- Ahmad, M., M.Y. Tay, K. Shameli, M.Z. Hussein, & J.J. Lim. 2011. Green Synthesis and Characterization of Silver/Chitosan/Polyethylene Glycol Nanocomposites without any Reducing Agent. *Int. J. Mol. Sci*, 12 (2): 4872-4884
- Arifin, N., Harjono, dan N. Wijayati. 2016. Sintesis Nanopartikel Perak menggunakan Bioreduktor daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) dengan Irradiasi Microwave. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5 (3): 195-201
- Azizinezhad, F., Z. Nasrullahi., S.K. Sadnezhaad. 2014. Synthesis of the Silver Nanoparticle with using of Cammomile Plant. *European Journal Experimental Biologi*, 4 (2): 124-127
- Guzman, M.G., Dille, J., Godet, S. 2009. Synthesis of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity. *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering*, (2)
- Haryono, A., Dewi, S., Harmami, S.B., Randy, M. 2008. Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri*, 2 (3):156-163
- Hazarika, D., A. Phukan, E. Saikia, B. Chetia. 2014. Phytochemical Screening and Synthesis of silver Nanoparticles using Leaf Extract of *Rhynchotechum Ellipticum*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6 (1): 672-674
- Medica, V., Ruslan, W., Nawawi, A. 2004. Telaah Fitokimia Daun Kemangi (*Ocimum americanum* L). *Skripsi*. Fakultas Farmasi Institut Teknologi Bandung
- Nurchayanti, A.D.R. & K.H.Timotius. 2011. Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Polar dan Non Polar Biji Selasih (*Ocimum sanctum* L.). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 22 (1)
- Samiyatun. 2010. Studi Penambahan Sifat Antibakteri Kitosan dan Komposit Kitosan-Ag dalam Proses Daur Ulang Limbah Kemasan Polipropilen. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- 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
- Sondi, I. and Sondi, B.S. 2004. Silver Nanoparticle as Antimicrobial Agent: a Case Study on *E. coli* as a Model for Gram-Negative Bacteria. *J. Colloid Interface Sci.*, 275: 177-182
- Usman, M.S., N.A. Ibrahim, K. Shameli, N. Zainuddin & W.M.Z.W. Yunus. 2012. Copper Nanoparticles Mediated by Chitosan: Synthesis and Characterization via Chemical Methods. *Molecules*, 17: 14928-14936
- Wahyudi, T., Doni, S. & Qomarudin, H. 2011. Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya terhadap Bakteri *E. coli* dan *S. Aureus*. *Arena Tekstil*, 26 (1): 1-60.