

# SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (Ag) DENGAN REDUKTOR NATRIUM BOROHIDRIDA (NaBH<sub>4</sub>) MENGGUNAKAN MATRIKS *NATA-DE-COCO*

Dorlina Salasa<sup>1\*</sup>, Henry Aritonang<sup>1</sup>, Vanda Selvana Kamu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Sam Ratulangi Manado

## ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mensintesis nanopartikel perak (Ag) dengan reduktor natrium borohidrida menggunakan matriks *nata-de-coco*. Nanopartikel perak disintesis menggunakan metode reduksi kimia dengan mereaksikan perak nitrat (AgNO<sub>3</sub>) dengan natrium hidroksida (NaOH) yang ditambahkan dengan *nata-de-coco* dan direduksi dengan natrium borohidrida (NaBH<sub>4</sub>). Karakterisasi nanopartikel dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan *Transmission Electron Microscope* (TEM). Analisis terhadap spektra UV-Vis menunjukkan bahwa nanopartikel relatif stabil pada panjang gelombang 410,50-440,00 nm. Hasil dari karakterisasi TEM menunjukkan nanopartikel perak yang disintesis dengan reduktor natrium borohidrida (NaBH<sub>4</sub>) menggunakan matriks *nata-de-coco* memiliki ukuran terkecil 4,74 nm dan yang terbesar mencapai 22,554 nm.

Kata kunci: Nanopartikel perak, natrium borohidrida (NaBH<sub>4</sub>), matriks *nata-de-coco*

## ABSTRACT

The purpose of this study was to synthesize nanoparticles of silver (Ag) with a reducing agent sodium borohydride using matrix *nata-de-coco*. Silver nanoparticles synthesized using chemical reduction method by reacting silver nitrate (AgNO<sub>3</sub>) with sodium hydroxide (NaOH) is added to the *nata-de-coco* and reduced with sodium borohydride (NaBH<sub>4</sub>). The characterization of nanoparticles was analyzed by using UV-Vis and Transmission Electron Microscope (TEM). Analysis on spectra UV-Vis showed that the nanoparticles were relatively stable at 410.50 to 440.00 nm wavelength. The results of TEM characterization showed that silver nanoparticles synthesized by the reducing agent sodium borohydride (NaBH<sub>4</sub>) using a matrix *nata-de-coco* has the smallest size of 4.74 nm and the greatest reach 22.554 nm.

Keywords: Nanoparticles silver, sodium borohydride (NaBH<sub>4</sub>), matrix *nata-de-coco*

## PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir ini, nanopartikel logam (skala 1-100 nm) telah menjadi fokus penelitian karena sifat-sifatnya yang unik dari segi elektronik, optik, mekanik dan magnetik. Sifat kimia nanopartikel logam juga sangat berbeda dari material awalnya, yaitu dalam bentuk bongkahan/ruahnya (*bulk*). Sifat unik dan spesial ini disebabkan karena ukurannya yang kecil sehingga luas permukaan spesifiknya yang besar. Oleh karena itu, nanopartikel logam memiliki banyak kegunaan dalam banyak aplikasi dalam bidang yang berbeda-beda, seperti katalisis, elektronik dan fotonik. Dalam beberapa tahun terakhir, produksi nanopartikel logam dengan prosedur ukuran atau bentuk yang dikendalikan

telah menjadi fokus penelitian baru dan menarik (Nagarajan, 2008).

Nanopartikel perak (Ag) dapat disintesis dalam skala-nano dan telah menarik minat para ilmuwan karena memiliki sifat yang tidak biasa dibandingkan keadaan logam dalam bentuk *bulky*-nya atau dalam bentuk garamnya. Sifat ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi nanopartikel Ag yang luar biasa, seperti tekstil antibakteri dan polimer yang mengandung nano-Ag yang digunakan untuk membuat lemari es, mesin cuci, piring, *rice cooker*, plastik lapis tipis, botol vakum, ember plastik, wadah sampah dan bahkan untuk obat-obatan (Pillai dkk., 1995). Secara umum, proses pertumbuhan nanopartikel logam dikendalikan oleh stabilisator (agen penstabil), maka sangat mungkin untuk memanipulasi ukuran nanopartikel Ag dengan memilih agen penstabil

\* Korespondensi :

Telpon: +62-812-4450-362

E-mail: d.salasa@yahoo.com

DOI: <https://doi.org/10.35799/cp.9.2.2016.27984>

yang berbeda. Dengan demikian, agen penstabil yang berbeda dapat menghasilkan bentuk nanopartikel Ag yang berbeda dan digunakan untuk aplikasi yang berbeda pula (Zhang dkk., 2007).

Beberapa metode telah digunakan untuk mensintesis nanopartikel logam, seperti reduksi dalam larutan (Leopold dan Lendl, 2003), dekomposisi termal (Esumi dkk., 1990), elektrokimia (Zhang dkk., 2004), sonokimia (Zhu dkk., 2000), *microwave* (He dkk., 2004), dan mikroemulsi (Zheng dkk., 2004). Dari semua metode tersebut, metode reduksi dalam larutan lebih ekonomis dibanding metode lain. Hal ini disebabkan karena metode reduksi dalam larutan hanya membutuhkan reaktor dan reduktor saja (Zielinska dkk., 2009). Untuk menghasilkan nanopartikel logam, pada umumnya sintesis menggunakan penstabil agar partikel logam yang terbentuk berukuran nanometer. Beberapa penstabil yang umum digunakan adalah bahan polimer kimia seperti PVP (*polyvinyl pyrrolidone*) (Sun dkk., 2003), PVA (*polyvinyl alcohol*) (Xia dkk., 2004), PEG (*polyethylene glycol*) (Liong dkk., 2009), SDBS (*sodium dodecyl benzene sulfonate*) atau SDS (*sodium dodecyl sulfate*) (Zheng dkk., 2004). Penstabil dari bahan polimer alami juga telah digunakan sebagai stabilisator yaitu polimer selulosa dari *nata-de-coco* (*bacterial cellulose*) yang telah digunakan untuk mensintesis nanopartikel Platina menggunakan reduktor gas hidrogen (Aritonang, 2014 & 2015). Informasi ini menunjukkan bahwa polimer alami dapat digunakan sebagai agen penstabil partikel logam.

Beberapa reduktor telah digunakan untuk mensintesis nanopartikel logam, seperti natrium borohidrida (Zielinska dkk., 2009), asam askorbat (Feng dkk., 2013), natrium sitrat (Zhang dkk., 2007), asam nitrat (Angelova dkk., 2012) dan lain-lain. Namun demikian, reduktor tersebut belum diaplikasikan pada *nata-de-coco*.

Berdasarkan penelitian di atas, penelitian ini mencoba mensintesis nanopartikel perak (Ag) menggunakan *nata-de-coco* sebagai matriks, dengan metode reduksi kimia dan menggunakan reduktor kimia yaitu NaBH<sub>4</sub>. Nanopartikel perak (Ag) yang terbentuk dikarakterisasi dengan spektroskopi UV-VIS dan TEM (*transmission electron microscopy*). Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel perak (Ag) dengan reduktor natrium borohidrida (NaBH<sub>4</sub>) menggunakan matriks *nata-de-coco*.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan alat

Spektrofotometer UV-VIS dari Merck dari Jerman, Transmission Electron Microscopy (TEM-JOEL-JEM-2100), Vortex, Oven, Timbangan Analitik, ultrasonic, Air kelapa tua, Aquades Perak nitrat (AgNO<sub>3</sub>), Natrium Borohidrida (NaBH<sub>4</sub>) dan bakteri *Acetobacter xylinum* (diperoleh dari Bogor).

### Pembuatan *nata-de-coco*

Pembuatan *nata-de-coco* mengikuti prosedur Radiman & Yuliani, (2008). Sebanyak 5 L air kelapa tua disaring dengan kain kasa, dimasak hingga mendidih. Kemudian ditambahkan 500 g gula putih, 25 g urea dan 30 mL asam asetat glasial, sambil diaduk. Sebanyak 300 mL larutan ini dituangkan ke dalam nampan plastik, ditutup dan dibiarkan hingga benar-benar dingin. Setelah dingin, *Acetobacter xylinum* ditambahkan sebanyak 10% volume media, yakni sekitar 30 mL bakteri untuk 300 mL larutan media kemudian dibiarkan selama 6 hari. Gel *nata-de-coco* yang dihasilkan dicuci dengan air panas selama 15 menit, direndam dalam larutan 10 g natrium hidroksida dalam 1L larutan (1% (b/v)) selama 24 jam. Kemudian gel *nata-de-coco* ini direndam lagi dengan 10 ml larutan asam asetat glasial dalam 1L larutan (1% (v/v)) selama 24 jam dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Selanjutnya gel *nata-de-coco* disimpan dalam larutan 200 ml etanol dalam 1L larutan (20% (v/v)) di dalam lemari es. Untuk membuat membran *nata-de-coco* yang tipis digunakan alat pres dari batu timbangan. *Nata-de-coco* dipotong dengan ukuran 2 cm x 2 cm dan dikurangi kadar airnya dengan cara dihimpitkan diantara 2 buah batu timbangan selama 15 menit.

### Sintesis nanopartikel perak (Ag) dengan natrium borohidrida (NaBH<sub>4</sub>)

Sintesis nanopartikel perak menurut metode Zielinska dkk. (2009) yang dimodifikasi. Untuk mensintesis nanopartikel Ag digunakan *nata-de-coco* sebagai matriks. *Nata-de-coco* yang digunakan berasal dari hasil fermentasi (prosedur di atas) dan menggunakan partikel Ag dari prekursor AgNO<sub>3</sub> dengan variasi konsentrasinya (3, 5 dan 10 mM). *Nata-de-coco* dipotong dengan ukuran 2 cm x 2 cm dan dikurangi kadar airnya dengan cara seperti prosedur pada *nata-de-coco*. Selanjutnya gel *nata-de-coco* direndam ke dalam wadah berisi larutan 3 mM AgNO<sub>3</sub> dan larutan 1,5

M  $\text{NaBH}_4$ , pH 9 dan diinkubasi pada 40 °C selama 10 jam dalam ruangan gelap. Gel *nata-de-coco* hasil perendaman dilambangkan dengan *nata-de-coco-Ag*, kemudian gel ini dikeluarkan dari wadah dan dicuci dengan aquades. Selanjutnya, gel *nata-de-coco-Ag* dipres seperti prosedur di atas untuk mengurangi kandungan air dan selanjutnya dikering-anginkan di ruangan terbuka selama 7 hari.

#### Analisa spektrofotometer UV-VIS

Gel *nata-de-coco-Ag* direndam ke dalam 10 mL larutan etanol kemudian disonikasi selama 2 jam. Larutan hasil sonikasi dianalisis dengan spektrofotometer UV-VIS yang discan pada panjang gelombang 200-800 nm.

#### Analisa TEM (Aritonang dkk., 2015)

Analisis distribusi ukuran partikel Ag dikarakterisasi dengan metode TEM (JEOL JEM-1400) yang dioperasikan pada akselerasi tegangan sebesar 120V. Larutan etanol yang telah mengandung partikel Ag digunakan untuk karakterisasi dengan TEM. Setetes suspensi dari larutan Ag ini diletakan pada grid tembaga dan dibiarkan mengering pada temperatur kamar dan dicitrakan. Ukuran partikel Ag dianalisis dengan menggunakan program *ImageJ software* dan sebanyak 20 partikel Ag dianalisis dari sampel hasil citra TEM. Sampel yang dianalisis dengan citra TEM hanya berasal dari salah satu konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  saja yaitu 5 mM.

#### Kadar air (Effendi, 2009)

*Nata-de-coco* 2x2 cm ditimbang kemudian dipress dengan batu timbangan selama 15 menit, setelah dipress ditimbang lagi. Dihitung kadar air dengan persamaan:

$$\% \text{kadar air} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

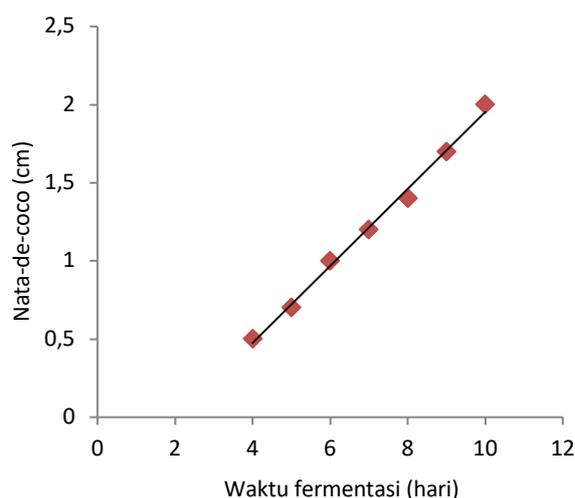
Keterangan: A (berat awal), B (berat akhir)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pembuatan *Nata-de-Coco*

*Nata-de-coco* diproduksi dari air kelapa tua dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum* melalui proses fermentasi dan proses ini berlangsung pada pH 4. *Nata-de-coco* yang dihasilkan berupa gel berwarna putih sedikit kecoklatan, dapat dilihat pada Gambar 1. Proses fermentasi selama 4 hari menghasilkan *nata-de-coco* dengan ketebalan 0,5 cm, 5 hari

menghasilkan *nata-de-coco* dengan ketebalan 0,7 cm, 6 hari menghasilkan *nata-de-coco* dengan ketebalan 1 cm, 7 hari menghasilkan *nata-de-coco* dengan ketebalan 1,2 cm, 8 hari menghasilkan *nata-de-coco* dengan ketebalan 1,4 cm, 9 hari menghasilkan *nata-de-coco* dengan ketebalan 1,7 cm dan 10 hari menghasilkan *nata-de-coco* dengan ketebalan 2 cm. Waktu fermentasi sangat berpengaruh terhadap ketebalan *nata-de-coco*. Namun, tidak ada hubungan yang linier antara ketebalan *nata-de-coco* dengan bertambahnya waktu fermentasi dan pola yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 2.



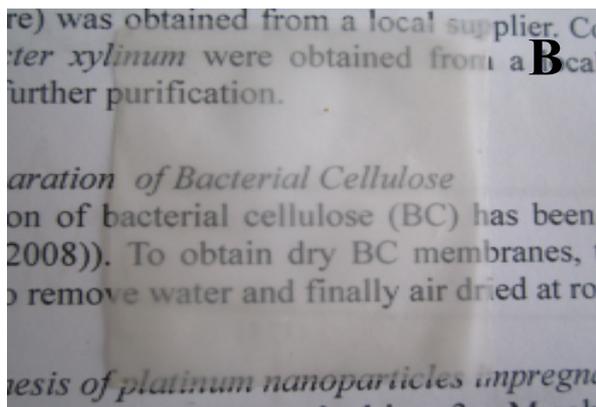
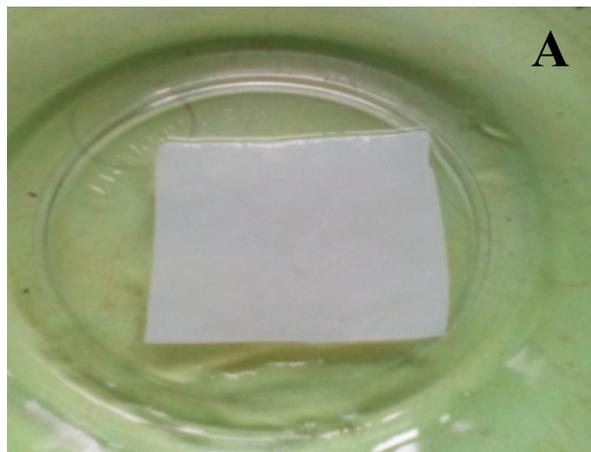
Gambar 2. Waktu fermentasi dan ketebalan *nata-de-coco*

Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Iguchi dkk. (2000), ketebalan *nata-de-coco* sangat dipengaruhi oleh waktu fermentasi.

#### Morfologi membran *Nata-de-coco*

Untuk mengetahui morfologi *nata-de-coco* maka terlebih dahulu dilakukan pembuatan membran tipis *nata-de-coco*. Pembuatan membran *nata-de-coco* dilakukan dengan mengeluarkan kandungan air dari gel *nata-de-coco* dengan cara ditekan. Rata-rata kandungan air yang terdapat pada gel *nata-de-coco* setelah dilakukan penekanan selama 15 menit menggunakan alat batu timbangan adalah 49,9892%.

*Nata-de-coco* yang telah dikeringkan menghasilkan membran tipis yang kering dan transparan. Membran transparan ini memiliki ketebalan rata-rata 0,1 cm, diperoleh dari gel *nata-de-coco* hasil fermentasi 6 hari dengan ketebalan gel basah 1 cm dan luas 2x2 cm<sup>2</sup>, seperti tampak pada Gambar 3.



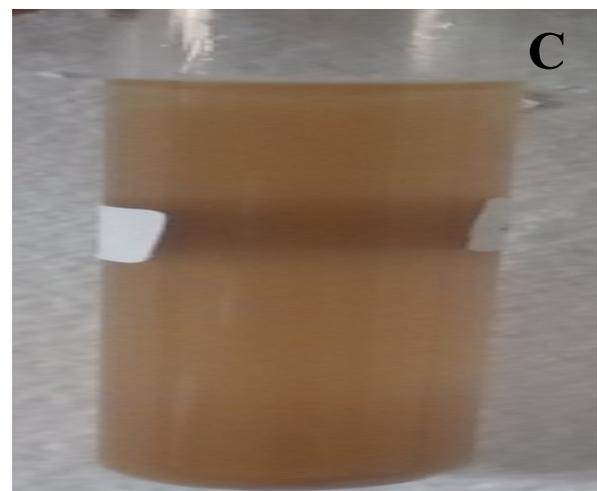
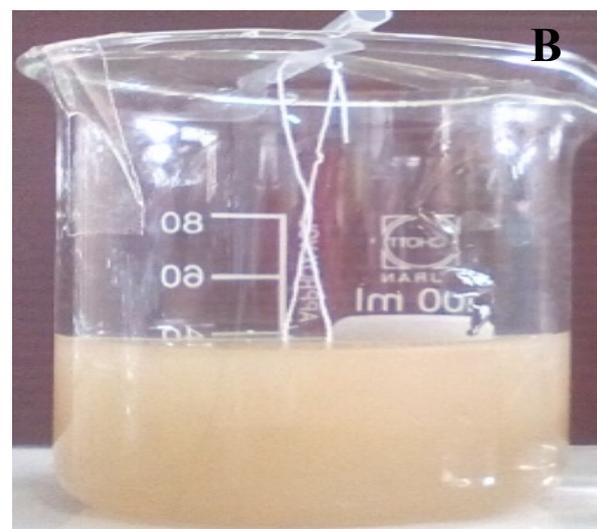
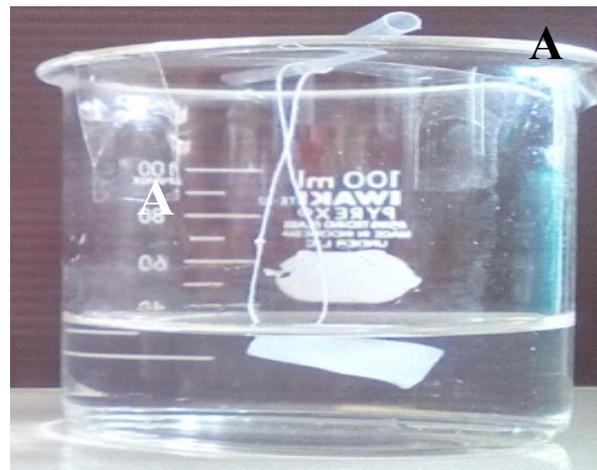
Gambar 3. *Nata-de-coco* hasil fermentasi 6 hari (A) *nata-de-coco* basah dan (B) *nata-de-coco* kering

### Sintesis nanopartikel perak (Ag)

Sintesis nanopartikel perak pada penelitian ini menggunakan metode kimia yaitu melalui reduksi kimia. Secara umum terdapat tiga komponen penting dalam sintesis nanopartikel perak (Ag) secara reduksi kimia yaitu prekursor logam, agen pereduksi dan penstabil. Pada penelitian ini digunakan prekursor logam perak berupa garam  $\text{AgNO}_3$ , penstabil nanopartikel perak yaitu *nata-de-coco* dan  $\text{NaBH}_4$  sebagai agen pereduksi.

Pada awalnya larutan  $\text{AgNO}_3$  berwarna bening, kemudian berubah menjadi warna kuning kecoklatan (muda) setelah penambahan  $\text{NaOH}$ . Warna larutan seketika berubah menjadi warna kuning kecoklatan (lebih tua) setelah penambahan  $\text{NaBH}_4$ . Hal ini selaras dengan hasil penelitian Ahmad dkk. (2011) yang mengindikasikan telah terjadi pembentukan nanopartikel perak (Ag) di dalam larutan. Nanopartikel perak (Ag) memberikan warna khas yang diakibatkan oleh adanya absorpsi plasmon pada permukaan perak. Perbedaan warna yang dihasilkan pada sampel menunjukkan adanya pengaruh jenis agen

pereduksi organik yang digunakan. Peristiwa perubahan warna larutan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perendaman *nata-de-coco* pada proses pembentukan nanopartikel perak (Ag) secara reduksi kimia di dalam larutan (A)  $\text{AgNO}_3$ , (B)  $\text{AgNO}_3 + \text{NaOH}$  dan (C)  $\text{AgNO}_3 + \text{NaOH} + \text{NaBH}_4$

Membran *nata-de-coco* yang telah terdeposisi oleh nanopartikel Ag (*nata-de-coco*-Ag) diangkat dari larutan dan dikeringanginkan selama 7 hari. Membran yang telah kering tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.

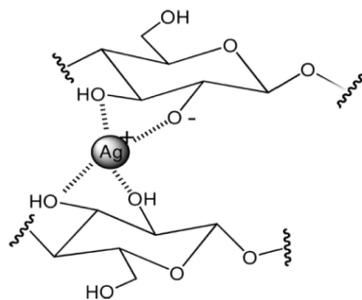


Gambar 5. Partikel Ag setelah terdeposisi di dalam *nata-de-coco*

Reduksi ion-ion Ag dalam larutan biasanya menghasilkan larutan koloid Ag dengan diameter partikel beberapa nanometer. Pembentukan partikel Ag diawali dengan reaksi  $\text{AgNO}_3$  dengan NaOH menurut reaksi berikut :



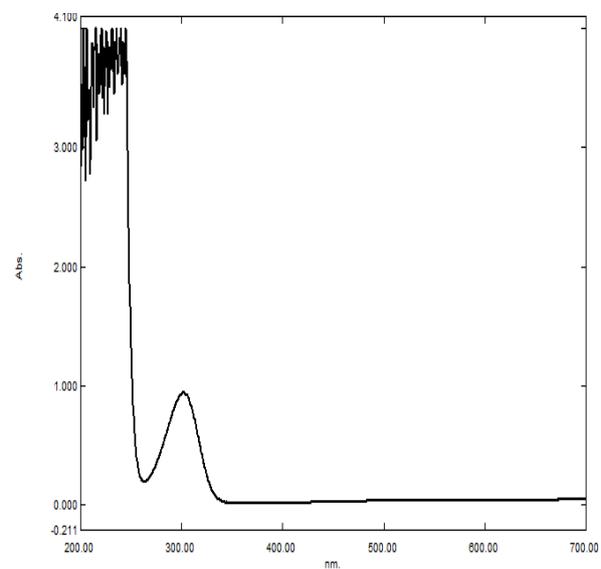
Terbentuknya  $\text{Ag}_2\text{O}$  ditandai dengan perubahan warna larutan kuning kecoklatan (muda). Karena kondisi larutan dalam suasana basa ( $\text{pH}=8$ ),  $\text{Ag}_2\text{O}$  yang terbentuk selanjutnya dapat membentuk ion  $[\text{Ag}(\text{OH})]^-$  (Housecroft & Sharpe, 2005). Adanya ion ini maka dimungkinkan terjadinya interaksi dengan alkoksilat pada posisi  $\text{C}_3$  dari struktur selulosa dan interaksi antara gugus hidroksil lain menyebabkan pembentukan senyawa kelat, yang mencegah ion logam terlepas dalam larutan air, seperti diilustrasikan pada gambar berikut (Kim dkk., 2009).



Gambar 6. Ilustrasi terbentuknya interaksi antara selulosa dengan ion Ag

Kompleks selulosa-Oag merepresentasikan ikatan antara Ag dan matriks selulosa. Ketika reduktor  $\text{NaBH}_4$  dimasukkan, partikel Ag terbentuk dan gugus alkoksi pada selulosa yang berikatan dengan Ag membentuk gugus aldehid (Evans dkk., 2003). Hal ini ditunjukkan dengan terbentuknya warna kuning kecoklatan (lebih tua) dalam larutan.

Proses pembentukan partikel Ag berlangsung melalui interaksi antara ion-ion  $\text{Ag}^+$  dengan selulosa dalam *nata-de-coco*. Karena *nata-de-coco* memiliki pori maka interaksi ion Ag tidak hanya pada permukaan serat selulosa namun ke bagian dalam serat-serat selulosa. Interaksi ion Ag dengan selulosa dapat dimungkinkan terjadi melalui interaksi elektrostatis karena atom-atom oksigen kaya-elektron dari gugus hidroksil dan gugus eter pada selulosa dapat berinteraksi dengan kation logam transisi yang bersifat elektropositif (Vigneshwaran dkk., 2006).



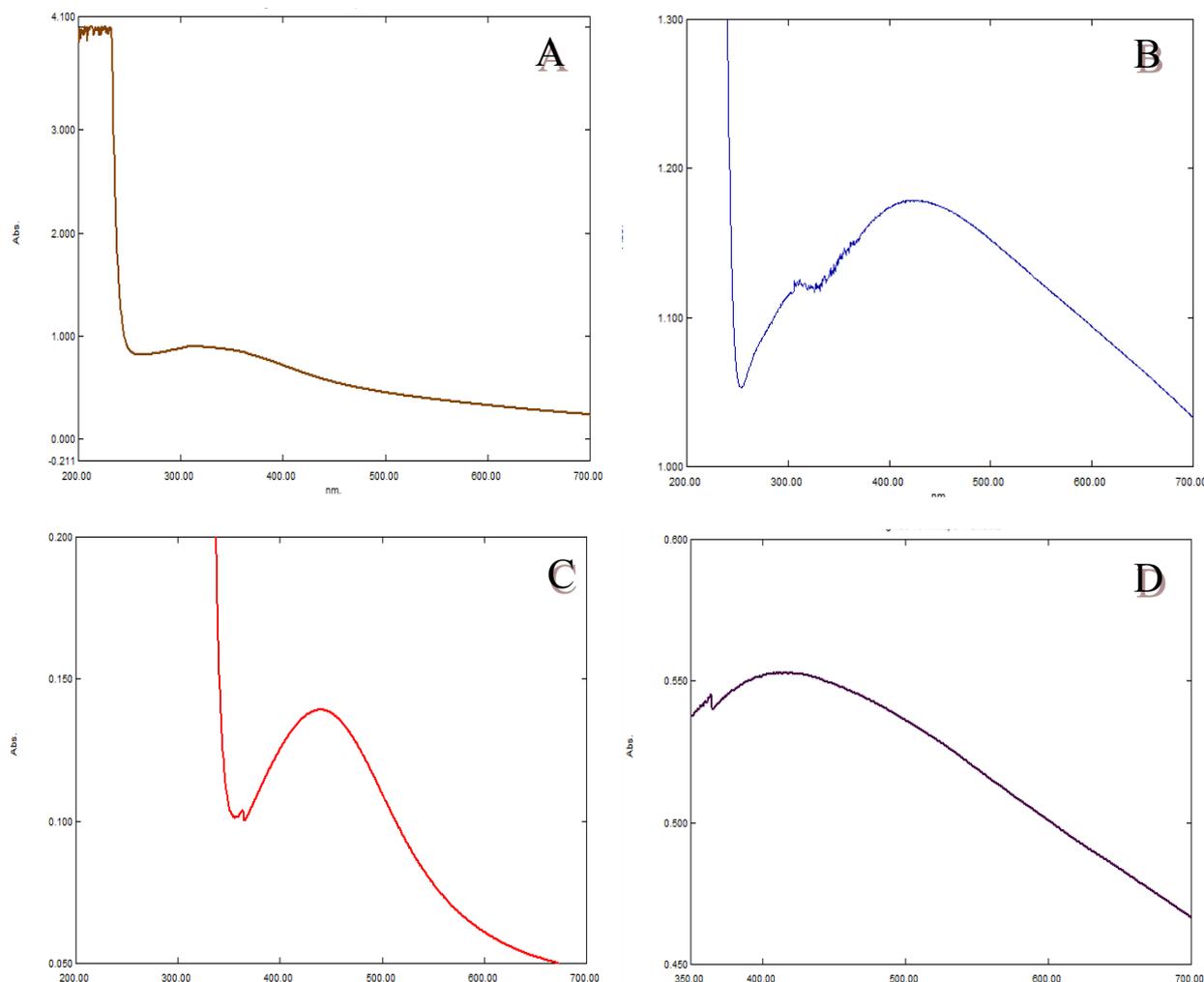
Gambar 7. Spektrum UV-Vis  $\text{AgNO}_3$

### Karakterisasi nanopartikel perak (Ag)

Larutan koloid dari membran *nata-de-coco*-Ag dianalisis dengan spektrofotometer UV-vis untuk mengetahui karakteristik dari nanopartikel Ag yang terbentuk berdasarkan spektrum puncak absorbansinya. Karakterisasi koloid nanopartikel perak menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada selang panjang gelombang 200–800 nm. Sebelum dilakukan reduksi dengan larutan  $\text{NaBH}_4$ , larutan  $\text{AgNO}_3$  dan campuran larutan  $\text{AgNO}_3 + \text{NaOH}$  dianalisis kandungan nanopartikel Ag-nya yang terdapat dalam larutan tersebut, menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat

puncak pada daerah panjang gelombang 400-442 nm untuk kedua larutan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel Ag belum terbentuk pada kedua larutan tersebut. Spektrum UV-Vis untuk larutan AgNO<sub>3</sub> dan campuran larutan AgNO<sub>3</sub> + NaOH masing-masing tersaji pada Gambar 7 dan Gambar 8 (A).

Larutan AgNO<sub>3</sub> discan pada panjang gelombang 200-800 nm dan diperoleh puncak absorpsi pada panjang gelombang 419.00 (B), 440.00 nm (C) dan 410.50 nm (D). Puncak tersebut menunjukkan bahwa ion perak telah tereduksi menjadi Ag<sup>0</sup> dalam fasa cairan, seperti yang tersaji pada Gambar 8

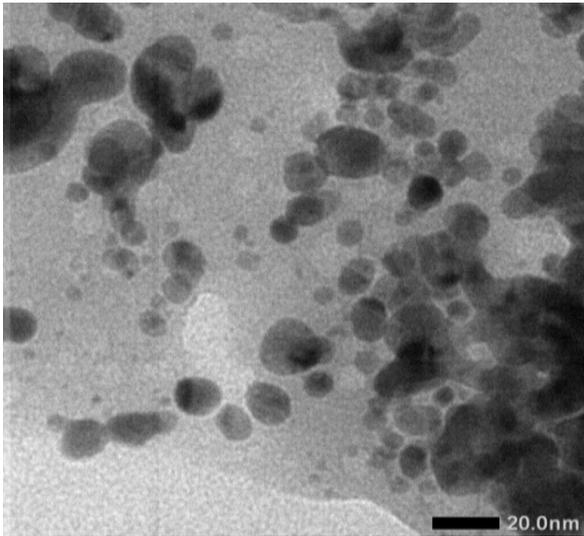


Gambar 8. Spektrum UV-Vis larutan AgNO<sub>3</sub> + NaOH (A), Spektrum UV-Vis nanopartikel perak (B. AgNO<sub>3</sub> 3 mM, C. AgNO<sub>3</sub> 5 mM dan D. AgNO<sub>3</sub> 10 mM)

Hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis pada Gambar 8 (B, C dan D) menunjukkan bahwa nanopartikel perak telah terbentuk yang ditandai dengan adanya puncak serapan khas pada  $\lambda_{max}$  400-442 nm. Selanjutnya, untuk melihat morfologi nanopartikel Ag yang terbentuk, maka larutan koloid dari membran *nata-de-coco-Ag* dikarakterisasi menggunakan TEM untuk melengkapi data yang diperoleh menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

#### Karakterisasi nanopartikel perak dengan TEM

TEM (*Transmission Electron Microscopy*) digunakan untuk melihat morfologi, struktur dan ukuran nanopartikel perak. Berdasarkan citra TEM, ukuran nanopartikel Ag dianalisis menggunakan program ImageJ Software dari Universitas Gadjah Mada (UGM) sebanyak 20 nanopartikel Ag. Hasil analisis menunjukkan bahwa ukuran terkecil adalah 4,74 nm dan yang terbesar adalah 22,554 nm. Adapun hasil citra TEM nanopartikel Ag dari larutan koloid yang berasal dari membran *nata-de-coco-Ag* (AgNO<sub>3</sub> 5 mM), dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Citra TEM larutan koloid dari membrane nata-de-coco-Ag (5 Mm  $\text{AgNO}_3$ ) (Perbesaran 20.000x)

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, nanopartikel perak (Ag) dapat disintesis menggunakan matriks *nata-de-coco* dengan metode reduksi kimia menggunakan reduktor natrium borohidrida ( $\text{NaBH}_4$ ) dengan ukuran nanopartikel perak antara 4,74 nm sampai 22,554 nm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, H.F., Onggo, D., Ciptati, C. & Radiman, C. 2014. Synthesis of platinum nanoparticles from  $\text{K}_2\text{PtCl}_4$  solution using bacterial cellulose matrix. *Journal of Nanoparticles Article*. (1), 1-6.
- Aritonang, H.F., Onggo, D., Ciptati, C. & Radiman, C. 2015. Insertion of platinum particles in bacterial cellulose membranes from  $\text{K}_2\text{PtCl}_4$  and  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  Precursors. *Macromolecular Symposia*. 535(1), 55-61.
- Feng, A., Wu, S., Chen, S., Zhang, H., Shao, W., & Xiao, Z. 2013. Synthesis of silver nanoparticles with tunable morphologies via a reverse nano-emulsion route. *Journal of the Japan Institute of Metals and Materials*, 54(7), 1145-1148
- Nagarajan, R. 2008. Nanoparticles: Building bloks for nanotechnologi Dalam Nanoparticles: Synthesis, stabilization, passivation and functionalization. *Merican Chemical Society*. (3), 4-6.
- Radiman, C. & Yuliani. 2008. Coconut water as a potential resource for cellulosa acetate membrane preparation. *Polymer International*. 57(3), 502-508.
- Zhang, W., Qiao, X. & Chen, J. 2007. Synthesis of silver nanoparticles-effects of concerned parameters in water/oil microemulsion. *Materials Science and Engineering*. 142(1), 1-15.
- Zielinska, A., Skwarek, E., Zaleska, A., Gazda, M. & Hupka, J. 2009. Preparation of silver nanoparticles with controlled particle size. *Procedia Chemistry*, 1(2), 1560-1566.