

## **BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT BUAH NANAS UNTUK DETEKSI HIDROGEN PEROKSIDA BERDASARKAN METODE KOLORIMETRI**

**Hertaty Siregar, Yolanda Rati, Ari Sulisty Rini\***  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: ari.sulisty@lecturer.unri.ac.id

### **ABSTRACT**

*Preparation of silver (Ag) nanoparticles has been carried out by the biosynthesis route and tested its sensitivity against hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ). Silver nanoparticles or NPPs were prepared by reacting  $AgNO_3$  as precursor solution at various concentrations and pineapple peel extract (*Ananas comosus*) as a reductant at temperature of  $80^\circ C$  for 30 minutes. The physical properties of NPPs were studied based on characterization using UV-Vis spectroscopy, FTIR, and XRD. The UV-Vis absorption peaks of NPPs for Ag samples 1 mM, 2.5 mM, and 5 mM were at wavelengths of 403 nm, 405 nm, and 406 nm, respectively. The FTIR characterization showed that the functional groups O-H, C=O, C≡C and C-H originated from the polyphenol of pineapple peel extract acted as reducing agents in the formation of NPPs. The XRD pattern gives the diffraction peaks of the Ag phase with Face Center Cubic (FCC) structure with Miller indices (111), (200), (220), and (311). The sensitivity test of NPP to  $H_2O_2$  which was carried out by the colorimetric method showed that NPP in Ag sample 1 mM had high sensitivity in detecting the presence of  $H_2O_2$ . This is evidenced by the change in the color of the NPPs colloid to become clearer, decreasing the absorption curve significantly in a relatively short time.*

**Keywords:** Biosynthesis, Silver Nanoparticles, Pineapple Peel Extract, Hydrogen Peroxide.

### **ABSTRAK**

*Pembuatan nanopartikel perak (Ag) telah dilakukan melalui jalur penyediaan biosintesis dan diuji sensitivitasnya terhadap hidrogen peroksida. Nanopartikel perak atau NPP dibuat dengan mereaksikan larutan prekursor  $AgNO_3$  pada konsentrasi berbeda dan ekstrak kulit buah nanas (*Ananas comosus*) sebagai reduktan dengan pemanasan pada suhu  $80^\circ C$  selama 30 menit. Sifat fisis NPP dikaji berdasarkan karakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis, FTIR, dan XRD. Puncak serapan UV-Vis dari NPP masing-masing sampel Ag 1 mM, 2,5 mM, dan 5 mM berada pada panjang gelombang 403 nm, 405 nm, dan 406 nm. Karakterisasi FTIR menunjukkan kelompok gugus fungsi O-H, C=O, C≡C dan C-H yang berasal dari kandungan polifenol ekstrak kulit buah nanas berperan sebagai pereduksi dalam pembentukan NPP. Hasil pola XRD memberikan puncak difraksi fasa Ag berstruktur Face Centre Cubic (FCC) dengan indeks miller (111), (200), (220) dan (311). Pengujian sensitivitas NPP terhadap  $H_2O_2$  yang dilakukan dengan metode kolorimetri menunjukkan bahwa NPP pada sampel Ag 1 mM memiliki kepekaan tinggi (sensitif) dalam mendeteksi keberadaan  $H_2O_2$ . Hal ini dibuktikan dengan perubahan warna koloid NPP menjadi semakin jernih penurunan kurva serapan secara signifikan dalam waktu yang relatif singkat.*

**Kata kunci:** Biosintesis, Nanopartikel Perak, Kulit Buah Nanas, Hidrogen Peroksida.

### **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya alam dan keanekaragaman hayati yang melimpah. Hal ini mendukung untuk dilakukannya penelitian-penelitian terkait dengan pemanfaatan bahan alam di Indonesia, salah

satunya pemanfaatan tumbuhan sebagai agen biosintesis nanopartikel. Keberadaan sampah buah-buahan yang melimpah seperti limbah kulit buah nanas memiliki potensi dalam pembuatan nanopartikel serta dapat mengatasi pencemaran lingkungan. Hal ini dikarenakan ekstrak dalam

kulit buah nanas mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, terpenoid yang dapat berperan sebagai pereduksi alami dalam pembentukan nanopartikel [1].

Nanopartikel dapat dibuat dari bahan logam maupun logam oksida, seperti Cu, TiO<sub>2</sub>, ZnO, MgO, Au dan Ag. Logam perak (Ag) pada umumnya diaplikasikan sebagai katalis, detektor sensor dan antibakteri karena bersifat stabil, tidak toksik terhadap kulit manusia serta konduktivitas listrik dan panas yang tinggi [2]. Nanopartikel perak (NPP) memiliki tingkat sensitivitas tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk deteksi bahan oksidator kuat seperti hidrogen peroksida dan raksa (II) klorida.

Pembuatan NPP dalam penelitian ini dilakukan dengan biosintesis menggunakan ekstrak kulit buah nanas dan diaplikasikan sebagai sensor deteksi Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dengan prinsip kolorimetri. Keunggulan kolorimetri diantaranya yaitu, prosesnya yang sederhana, murah, cepat, mudah diukur dan perubahan warna yang dihasilkan dapat dilihat dengan mata secara langsung [3]. Penelitian sebelumnya telah melaporkan sintesis NPP dengan ekstrak kulit buah nanas. Dalam hal ini, ekstrak tersebut mampu mereduksi ion Ag<sup>+</sup> menjadi Ag<sup>0</sup> [4].

## TINJAUAN PUSTAKA

Perak (Ag) merupakan logam transisi golongan IB periode 5 yang dapat melakukan beberapa proses oksidasi dan mengoksidasi zat lain. Keadaan oksidasi pada perak ada 4 jenis yaitu Ag<sup>0</sup>, Ag<sup>+</sup>, Ag<sup>+2</sup>, Ag<sup>+3</sup> [5]. Perak sebagai nanopartikel tidak bersifat korosif sehingga toksisitasnya rendah. Nanopartikel perak banyak menarik perhatian para peneliti karena sifat fisik dan kimianya yang unggul seperti dapat menyebarkan dan menyerap sinar secara efisien dan mempunyai luas permukaan yang relatif besar [2]. Kemampuan NPP untuk diaplikasikan sebagai katalis maupun sensor dipengaruhi oleh karakteristik sifat nanomaterial seperti bentuk, ukuran dan sifat permukaan berdasarkan metode pembuatannya.

Saat ini, biosintesis merupakan metode efektif dalam produksi NPP dibandingkan metode fisika dan kimia karena tidak memerlukan bahan kimia toksik, prosesnya yang mudah dan hemat biaya. Biosintesis NPP dilakukan bermediasi ekstrak bahan alami seperti tumbuhan yang berperan dalam reaksi reduksi oksidasi-(redoks) dari ion Ag<sup>+</sup> membentuk Ag<sup>0</sup> yang ditandai dengan perubahan warna larutan dari bening menjadi kuning hingga coklat kehitaman [1].

Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) merupakan zat pengoksidasi kuat yang banyak digunakan dalam industri makanan, farmasi, kosmetik, kayu, dan pulp. Paparan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dalam jumlah besar dapat mengakibatkan bahaya kesehatan dan lingkungan karena toksisitasnya [6]. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> memiliki sifat iritatif apabila terkena kulit, mata, dan saluran pernapasan terlebih lagi terkena dalam waktu yang lama dan bersifat terus menerus.

Proses identifikasi dan analisis senyawa logam dan non-logam berbahaya seperti H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang mencemari lingkungan saat ini masih menggunakan peralatan yang kurang praktis. Salah satu pengembangan untuk pendekatan tersebut adalah metode kolorimetri berbasis nanopartikel logam. Pada permukaan nanopartikel logam sifat resonansi plasmon sangat berguna dalam analisis biomolekular dan ion logam karena mudah digunakan, sensitivitas tinggi, biaya yang rendah, cepat dan tidak perlu menggunakan alat yang rumit. Kolorimetri adalah metode deteksi pada sensitivitas penyerapan sinar tampak oleh suatu larutan berwarna dengan mengamati perubahan warna dalam medium reaksi sehingga dijadikan sebagai indikator keberadaan suatu bahan oksidator kuat [3].

## METODE PENELITIAN

Nanopartikel perak (NPP) dibuat dengan mereaksikan larutan AgNO<sub>3</sub> dalam gelas piala 50 mL dengan 10g/L ekstrak kulit buah nanas (*Ananas comosus*) yang berperan sebagai reduktan. Larutan dihomogenkan selama 10 menit menggunakan *magnetic-stirrer*. Katalis NaOH kemudian diteteskan pada larutan sintesis

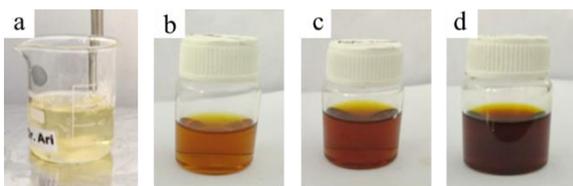
yang direaksikan hingga mencapai pH basa dan terjadi perubahan warna larutan. Larutan sintesis dipanaskan pada suhu 80°C selama 30 menit. Penamaan sampel NPP dalam penelitian ini adalah AgAC-konsentrasi AgNO<sub>3</sub>.

### Uji Sensitivitas NPP Terhadap Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Metode pengujian sensitivitas NPP yang digunakan adalah kolorimetri. Larutan NPP yang telah disintesis disiapkan dalam botol vial 10 mL. Kemudian, larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ditambahkan sebanyak 2 ml dengan konsentrasi berbeda yaitu, 1 mM, 5 mM, 20 mM, 100 mM, dan 1 M. Sensitivitas NPP dilihat dari reaksi yang ditimbulkan pada larutan tersebut dengan terjadinya perubahan warna larutan NPP menjadi semakin jernih. Uji kuantitatif sampel dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis Cary 60.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Sintesis Nanopartikel Perak

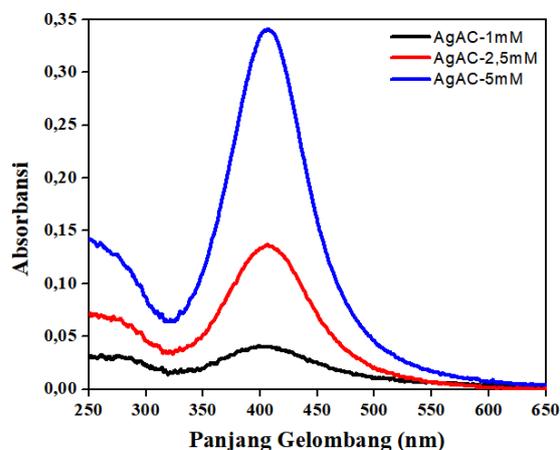


**Gambar 1.** (a) Campuran ekstrak kulit nanas dan larutan AgNO<sub>3</sub> (b) Koloid AgAC 1 mM (c) 2,5 mM dan (d) 5 mM.

Salah satu indikator terbentuknya nanopartikel perak (NPP) ditandai dengan perubahan warna larutan setelah direaksikan dengan reduktan dan dipanaskan pada suhu 80°C. Larutan NPP mengalami perubahan warna dari kuning bening menjadi kecoklatan seperti pada Gambar 1. Selain itu, sifat larutan juga berubah menjadi koloid akibat proses oksidasi-reduksi [7]. Semakin besar konsentrasi larutan AgNO<sub>3</sub>, warna larutan NPP yang dihasilkan semakin pekat. Hal ini menandakan semakin banyak senyawa organik yang teroksidasi dan semakin banyak pula Ag<sup>+</sup> yang tereduksi menjadi Ag<sup>0</sup> [8].

### Sifat Optik Nanopartikel Perak

Karakterisasi spektroskopi UV-Vis bertujuan untuk mengkonfirmasi terbentuknya nanopartikel perak pada puncak karakteristik serapan NPP.



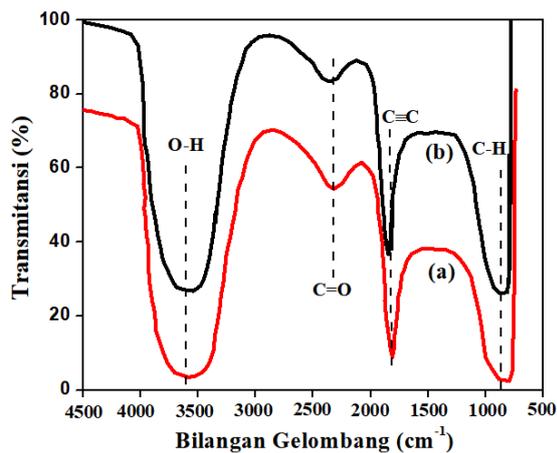
**Gambar 2.** Spektrum Serapan NPP.

Pada Gambar 2, puncak serapan NPP pada masing-masing sampel AgAC 1 mM, 2,5 mM dan 5 mM masing-masing terdapat pada panjang gelombang 403 nm, 405 nm, dan 406 nm. Puncak serapan di daerah 400-440 nm merupakan puncak karakteristik dari NPP (Ag<sup>0</sup>). Sedangkan serapan pada panjang gelombang 370-390 nm mengindikasikan ion perak (Ag<sup>+</sup>) [9]. Sehingga dapat dikatakan bahwa ekstrak kulit buah nanas disini berperan sebagai pereduksi dalam pembentukan nanopartikel perak. Intensitas puncak serapan NPP dari sampel mengalami peningkatan dengan besarnya konsentrasi larutan AgNO<sub>3</sub>. Hal tersebut menandakan banyaknya NPP yang terbentuk pada sampel. Berdasarkan Hukum Lambert Beer, nilai absorbansi dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi larutan yang mengindikasikan konsentrasi larutan sebanding dengan nilai intensitas serapannya [10].

### Ikatan Gugus Fungsi Nanopartikel Perak

Analisa ikatan gugus fungsi dari ekstrak kulit buah nanas dan sampel NPP dilakukan dengan karakterisasi spektroskopi Transformasi Fourier Inframerah (FTIR). Adanya kelompok senyawa yang berinteraksi dengan radiasi inframerah pada

bilangan gelombang 500-4500  $\text{cm}^{-1}$  dilihat melalui puncak yang terdapat dalam spektrum transmitansi pada Gambar 3.

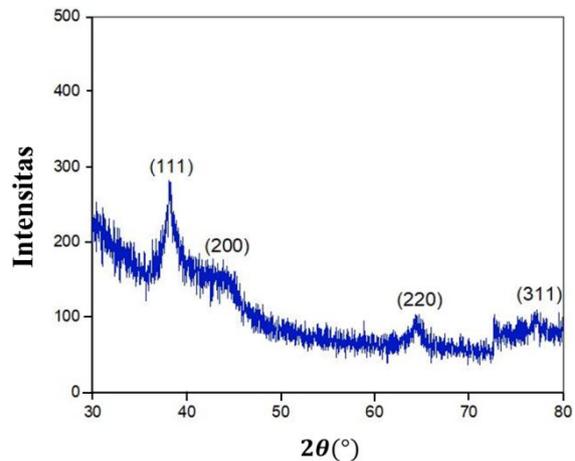


**Gambar 3.** Spektrum FTIR (a) Ekstrak Kulit Buah Nanas dan (b) Sampel NPP.

Sinyal FTIR dari gugus fungsi O-H (polifenol/alkohol), C=O, C≡C dan C-H dalam ekstrak kulit buah nanas teramati pada bilangan gelombang 3778,95  $\text{cm}^{-1}$ , 2389,34  $\text{cm}^{-1}$ , 1876,44  $\text{cm}^{-1}$ , 702,507  $\text{cm}^{-1}$ . Sedangkan pada NPP, sinyal FTIR tersebut teramati pada bilangan gelombang 3773,63  $\text{cm}^{-1}$ , 2364,92  $\text{cm}^{-1}$ , 1581,73  $\text{cm}^{-1}$ , 702,408  $\text{cm}^{-1}$ . Berdasarkan posisi puncak transmitansi dari gugus fungsi ini, terjadi pergeseran bilangan gelombang yang menandakan telah terjadi interaksi antara NPP dengan senyawa metabolit sekunder yang berasal dari ekstrak kulit nanas sebagai pereduksi. Pergeseran bilangan gelombang pada gugus fungsi ini mengindikasikan bahwa senyawa metabolit sekunder (terutama gugus fungsi polifenol) berperan dalam mereduksi ion  $\text{Ag}^+$  menjadi  $\text{Ag}^0$  [11].

### Sifat Struktur Nanopartikel Perak

Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) bertujuan untuk mengetahui karakteristik struktural kristal dan kemurnian NPP. Gambar 4 merupakan grafik difraktogram pola XRD dari NPP yang disintesis menggunakan ekstrak kulit buah nanas.



**Gambar 4.** Pola XRD Sampel NPP.

Berdasarkan pola XRD diatas, diketahui bahwa puncak difraksi NPP yang terbentuk adalah murni berfasa Ag dengan struktur *Face Centre Cubic* (FCC) tanpa adanya kemunculan puncak fasa lain. Hal ini ditunjukkan oleh nilai sudut difraksi  $2\theta$  dan indeks miller sebagai berikut 38,2° (111), 44,25° (200), 64,7° (220) dan 77,4° (311). Puncak-puncak difraksi yang diperoleh mendekati data difraksi standar dari Ag yang diterbitkan dalam data JCPDS No. 99-0094.

**Tabel 1.** Ukuran kristal dan parameter kisi NPP

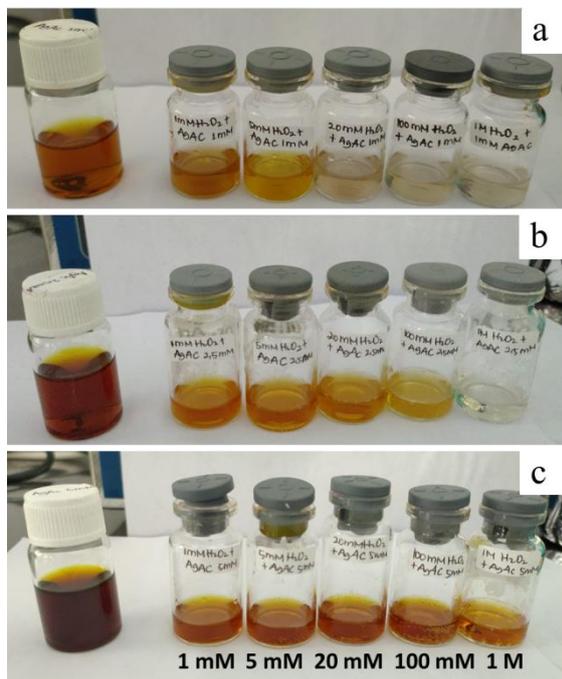
$2\theta$	FWHM (rad)	Ukuran Kristal (nm)	Parameter Kisi ( $\text{\AA}$ )
38,2°	0,0035	44,282	4,078
44,25°	0,0084	18,411	4,092
64,7°	0,0035	52,417	4,073
77,4°	0,0021	73,737	4,087

Ukuran Kristal dan parameter kisi dari NPP dapat dilihat pada Tabel 1. Analisis ukuran kristal sampel NPP dihitung melalui nilai FWHM (*Full Width Half Maximum*) dari setiap puncak difraksi menggunakan persamaan *Debye-Scherrer*. Hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Anandalakshmi dkk yang mensintesis NPP bermediasi daun *Petalium murex* [12].

### Sensitivitas NPP Terhadap Hidrogen Peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )

Uji sensitivitas NPP terhadap larutan Hidrogen Peroksida dilakukan menggunakan

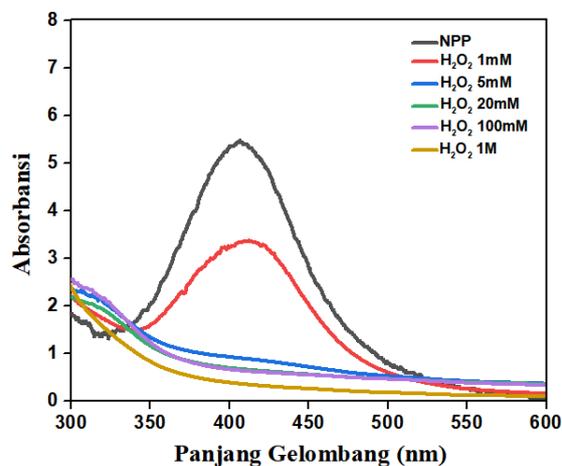
metode kolorimetri untuk mendapatkan konsentrasi minimum  $H_2O_2$  yang dapat terdeteksi melalui perubahan warna koloid Ag (NPP) secara visual. Hasil pengujian sensitivitas NPP dari sampel AgAC dengan variasi konsentrasi  $H_2O_2$  dalam waktu 30 menit dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Hasil uji sensitivitas (a) AgAC 1 mM, (b) 2,5 mM dan (c) 5 mM pada konsentrasi  $H_2O_2$  yang bervariasi.

Uji sensitivitas sampel AgAC-1 mM terhadap  $H_2O_2$  menunjukkan perubahan warna koloid NPP secara signifikan mulai pada konsentrasi  $H_2O_2$  20 mM (Gambar 5a). Hal ini dikarenakan konsentrasi dari larutan  $AgNO_3$  yang rendah sehingga hidrogen peroksida dapat mendominasi keseluruhan larutan dalam waktu yang singkat. Warna koloid NPP semakin jernih dengan peningkatan konsentrasi  $H_2O_2$ . Hasil uji sensitivitas AgAC-2,5 mM (Gambar 5b) menunjukkan perubahan warna larutan AgAC dari coklat menjadi jernih setelah ditambahkan larutan  $H_2O_2$  1 M. Warna larutan ini lebih jernih dibandingkan dengan sensitivitas AgAC-1 mM yang mengindikasikan bahwa AgAC-2,5 mM lebih sensitif dalam mendeteksi keberadaan  $H_2O_2$ . Sampel AgAC-5 mM memiliki kemampuan sensitivitas terhadap  $H_2O_2$  yang

lebih rendah dari AgAC-2,5 mM. Hal tersebut dibuktikan dengan warna larutan koloid NPP hanya sedikit mengalami perubahan yaitu, dari coklat tua menjadi coklat terang. Perubahan warna pada uji sensitivitas ini sifatnya permanen tidak kembali ke warna sebelum ditambahkan larutan  $H_2O_2$ . Semakin besar konsentrasi  $H_2O_2$  yang ditambahkan pada AgAC, tingkat kesensitifannya semakin tinggi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa sampel AgAC-1 mM lebih sensitif terhadap  $H_2O_2$  dibandingkan dengan sampel AgAC lainnya. Hal ini terbukti berdasarkan penelitian Puji dan Mohammad (2021) dalam pendeteksian  $H_2O_2$  menggunakan ekstrak daun karsen dengan konsentrasi larutan  $AgNO_3$  0,1 mM dan  $H_2O_2$  50 mM [13]. Jumlah NPP yang dominan mengakibatkan warna koloid tidak terlalu berubah sehingga warna cenderung sama.



**Gambar 6.** Spektrum Serapan UV-Vis Hasil Uji Sensitivitas AgAC 2,5 mM terhadap  $H_2O_2$ .

Kemampuan serapan NPP setelah diuji sensitivitas terhadap  $H_2O_2$  diketahui dari hasil karakterisasi spektroskopi UV-Vis (Gambar 6). Sampel yang dikarakterisasi hanya AgAC-2,5 mM karena memberikan perubahan warna koloid NPP yang beragam. Terlihat bahwa terjadi penurunan puncak serapan NPP seiring kenaikan konsentrasi  $H_2O_2$ . Penurunan serapan NPP terjadi sebesar 35% setelah dilakukan penambahan larutan  $H_2O_2$  1 mM. Hasil ini sejalan dengan mudarnya warna larutan AgAC-2,5 mM seiring meningkatnya konsentrasi  $H_2O_2$  yang ditambahkan. Pengaruh konsentrasi  $H_2O_2$  dan

perubahan warna yang cukup signifikan terhadap penurunan nilai serapan NPP cenderung linear. Ketika warna larutan koloid NPP berubah menjadi jernih, ini menandakan bahwa NPP dalam larutan sudah tidak ada karena diduga telah mengalami agregasi akibat teroksidasi oleh adanya larutan analit dalam konsentrasi yang besar. Oleh karena itu, NPP yang disintesis dengan ekstrak kulit nanas dinyatakan dapat memiliki sifat sensitif yang baik terhadap Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ).

## KESIMPULAN

Biosintesis nanopartikel perak yang dibuat dengan reduktan ekstrak kulit buah nanas menghasilkan larutan koloid NPP berwarna coklat. NPP yang dihasilkan memiliki serapan optik tinggi pada panjang gelombang karakteristik NPP (~400 nm). Gugus fungsi yang terdeteksi sebagai pereduksi yaitu, O-H, C=O, C≡C dan C-H berasal dari ekstrak kulit nanas. Struktur kristal NPP yang disintesis adalah *Face Centre Cubic* (FCC) dengan fasa Ag murni. NPP memiliki kemampuan sensitivitas tinggi dalam mendeteksi  $H_2O_2$  yang dibuktikan dengan penurunan serapan NPP dan perubahan warna koloid NPP yang semakin jernih.

## REFERENSI

1. M. Ndikau, N. M. Noah, D. M. Andala, and E. Masika. 2017. Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using *Citrullus lanatus* Fruit Rind Extract. *Int. J. Anal. Chem.*, 2017: 1–9.
2. V. A. Fabiani, D. Silvia, D. Liyana, and H. Akbar. 2019. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratogeomom glaucum*) melalui Iradiasi Microwave serta Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri. *Fuller. J. Chem.*, 4(2): 96–101.
3. K. B. R. Teodoro, F. L. Migliorini, W. A. Christinelli, and D. S. Correa. 2019. Detection of hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) using a colorimetric sensor based on cellulose nanowhiskers and silver nanoparticles. *Carbohydr. Polym.*, 212: 235–241.
4. G. Das, J. K. Patra, T. Debnath, A. Ansari, and H. S. Shin. 2019. Investigation of antioxidant, antibacterial, antidiabetic, and cytotoxicity potential of silver nanoparticles synthesized using the outer peel extract of *Ananas comosus* (L.). *PLoS One.*, 14(8): 1–19.
5. Khalid Alaqad and Tawfik A Saleh. 2016. Environmental & Analytical Toxicology Gold and Silver Nanoparticles: Synthesis Methods, Characterization Routes and Applications towards Drugs. *J. Environ. Anal. Toxicol. Toxicol.*, 6(4): 1–10.
6. S. P. Sivagnanam, A. Tilahun Getachew, J. H. Choi, Y. B. Park, H. C. Woo, and B. S. Chun. 2017. Green synthesis of silver nanoparticles from deoiled brown algal extract via Box-Behnken based design and their antimicrobial and sensing properties. *Green Process. Synth.*, 6(2): 147–160.
7. S. Iravani, H. Korbekandi, S. V Mirmohammadi, and B. Zolfaghari. 2014. Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physical and biological methods. *Res. Pharm. Sci.*, 9(6): 385–406.
8. H. Adzani and A. S. Rini. 2020. Sifat Optik Nanopartikel Perak (Ag-NPs) Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Kulit Semangka Kuning. *Komun. Fis. Indones.*, 15(2): 104–107.
9. N. Wendri, N. N. Rupasih, and M. Sumadiyasa. 2017. Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Sambaloto: Optimasi Proses Dan Karakterisasi. *J. Sains Mater. Indones.*, 18(4): 162–167.
10. Neldawati, R. Wulan, and Gusnedi. 2013. Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Pillar of Physics*, 2: 76–83.
11. I. A. Payapo, M. Zakir, and N. H. Soekamto. 2017. Synthesis Of Silver Nanoparticles Using Bioreductor Of

- Ketapang Leaf Extract ( Terminalia Catappa ) and Its Potential as Sunscreen.*Indones. Chim. Acta*, 10(1): 1–19.
12. K. Anandalakshmi, J. Venugobal, and V. Ramasamy. 2016. Characterization of silver nanoparticles by green synthesis method using Pedalium murex leaf extract and their antibacterial activity.*Appl. Nanosci.*, 6(3): 399–408.
  13. P. Rizqi and M. Alauhdin. 2021. Silver nanoparticles synthesis with kersen leaf extract (Muntingia calabura L.) as areductor and its application for hydrogen peroxide detection.*Ijcs*, 10(1): 27–34.