



## Silver Nanoparticles Synthesis with Kersen Leaf Extract (*Muntingia calabura L.*) as a Reductor and Its Application for Hydrogen Peroxide Detection

Puji Rizqi<sup>✉</sup> dan Mohammad Alauhdin

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang, 50229, Indonesia

### Info Artikel

Diterima Februari 2021

Disetujui Maret 2021

Dipublikasikan Mei 2021

#### Keywords:

Nanopartikel perak

Kolorimetri

Ekstrak daun kersen

### Abstrak

Nanopartikel perak (NPP) telah banyak dikembangkan dan diaplikasikan untuk berbagai keperluan, salah satunya untuk mendeteksi kadar glukosa dalam darah. Kadar glukosa dalam darah dapat diketahui secara tidak langsung dengan mengukur kadar  $H_2O_2$  dengan metode kolorimetri. Oleh karena itu, pengembangan metode kolorimetri yang sensitif terhadap  $H_2O_2$  diperlukan, salah satunya dengan NPP. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh NPP yang mempunyai sensitivitas tinggi terhadap  $H_2O_2$ . Sintesis dilakukan dengan mereduksi  $AgNO_3$  menggunakan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura L.*) dengan penambahan Polivinil alkohol (PVA) sebagai agen penstabil. Hasil analisis menunjukkan komposisi paling optimum untuk sintesis NPP adalah dengan  $AgNO_3$  0,1 mM pada perbandingan volume  $AgNO_3$  dan ekstrak 60:1. Spektra UV-Vis memperlihatkan puncak absorbansi maksimum pada panjang gelombang 411-415 nm dan hanya mengalami pergeseran puncak absorbansi yang relatif kecil setelah 15 hari. Karakterisasi dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) menunjukkan NPP hasil sintesis memiliki ukuran rata-rata sebesar 170,9 nm. Uji sensitivitas NPP terhadap  $H_2O_2$  menunjukkan NPP mampu mendeteksi  $H_2O_2$  hingga konsentrasi 0,229 mM dengan range linearitas pada konsentrasi 0,001 sampai 50 mM.

### Abstract

Silver nanoparticles (NPP) have been developed and applied for various purposes, including to detect glucose levels in the blood. Glucose levels can be determined indirectly by measuring  $H_2O_2$  levels using a colorimetric method. Therefore, it is necessary to develop a colorimetric method that is sensitive to  $H_2O_2$ . The purpose of this study was to obtain NPP which has a high sensitivity to  $H_2O_2$ . The NPP synthesis was carried out by reducing  $AgNO_3$  using Kersen leaf extract (*Muntingia calabura L.*) with Polyvinyl alcohol (PVA) as a stabilizer. The results showed that the volume ratio of  $AgNO_3$  0,1 mM and the extract of 60: 1 was the optimum condition for the synthesis. UV-Vis spectra showed a maximum absorbance peak at a wavelength of 411-415 nm and only experienced a small shift in the absorbance peak after 15 days. Characterization using the Particle Size Analyzer (PSA) showed that the particles have a size distribution of 170.9 nm. The sensitivity test of NPP towards  $H_2O_2$  concluded that NPP was able to detect  $H_2O_2$  up to a concentration of 0.229 mM with a linearity range of 0,001 to 50 mM.

© 2021 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

E-mail: [pujirizqi1406@gmail.com](mailto:pujirizqi1406@gmail.com)

p-ISSN 2252-6951

e-ISSN 2502-6844

## Pendahuluan

Nanopartikel telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, diantaranya dalam bidang tekstil, pangan, antibakterial, fungisida, dan sebagai krim kulit dengan vitamin antioksidan (nanokapsul) (Nagarajan & Hatton, 2008). Salah satu pengembangan material nano yang menarik untuk diteliti yaitu nanopartikel perak (NPP) (Willems & Wildenberg, 2005). NPP saat ini terus diarahkan pada sintesis yang ekonomis dan ramah lingkungan, antara lain menggunakan media tanaman (Khaydarov *et al.*, 2009). Banyak jenis tumbuhan yang dapat dijadikan reduktor dalam biosintesis NPP, salah satunya yaitu daun kersen. Daun kersen (*Muntingia calabura L*) mengandung metabolit sekunder seperti fenolik, terpenoid, dan flavonoid yang dapat berperan sebagai bioreduktor untuk menghasilkan NPP (Prasetyo & Sasongko, 2014). Selain itu, daun kersen merupakan bagian pohon kersen yang belum dimanfaatkan secara optimal.

Glukosa merupakan kelompok senyawa monosakarida yang berfungsi sebagai sumber energi (Sabokdast *et al.*, 2015). Kadar glukosa yang tidak sesuai dalam darah merupakan indikator seseorang mengidap penyakit diabetes melitus. Glukosa oksidase merupakan sejenis flavoprotein yang mengkatalis reaksi oksidasi dari beta-D-glukosa oleh molekul oksigen. Hasil oksidasi ini adalah glukonolakton dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Pada tahap selanjutnya, senyawa glukonolakton ini akan dihidrolisis menjadi asam glukonat (Poliana & MacCabe, 2007). Secara garis besar, enzim ini akan menghasilkan hidrogen peroksida dalam setiap reaksi yang dijalankannya. Hidrogen peroksida yang terbentuk sebanding dengan glukosa yang menjadi prekursor awal, sehingga kadar glukosa dapat diketahui secara tidak langsung dengan mengukur kadar hidrogen peroksida, salah satunya yaitu dengan metode kolorimetri (Poliana & MacCabe, 2007).

Atas dasar inilah, pada penelitian ini akan dikembangkan metode kolorimetri berbasis NPP hasil biosintesis menggunakan ekstrak daun kersen. Perak nitrat sebagai material dasar nanopartikel yang direduksi dengan ekstrak daun kersen. Selanjutnya, NPP yang telah terbentuk dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan *Particle Size Analyzer* (PSA) serta dipelajari efektifitasnya sebagai detektor hidrogen peroksida.

## Metode

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Magnetic stirrer*, Peralatan gelas, Kertas saring, Spektrofotometer Uv-Vis (Flourourence BMG Labtech), dan *Particle Size Analyzer* (Horiba Scientific Nano Partica SZ-100). Bahan yang digunakan diantaranya daun kersen (*Muntingia calabura L.*) yang diambil di sekitar Kelurahan Sekaran Kecamatan Gunungpati Kota Semarang,  $AgNO_3$  for analysis (Merck), PVA (Polivinil Alkohol) Mw approx.30000 for synthesis (Merck),  $H_2O_2$  30% for analysis, akuades, akua demineralisasi.

Larutan yang dipersiapkan dalam penelitian ini adalah Larutan  $AgNO_3$  1 mM, ekstrak daun kersen yang diperoleh melalui proses maserasi pada suhu  $50^\circ C$  dengan pelarut akuademin, larutan Polivinil Alkohol (PVA) 1%, larutan  $H_2O_2$  50 mM.

Sintesis NPP dilakukan dengan mencampurkan  $AgNO_3$  0,05 mM (diberi kode A) dan ekstrak daun kersen dengan perbandingan volume 60:1, 40:1, dan 30:1. PVA 1% sebanyak 2 mL juga ditambahkan ke dalam campuran, kemudian campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu ruangan (Andi *et al.*, 2018). Penambahan ekstrak dan PVA dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara berurutan dan bertahap sampai ekstrak dan PVA habis. Sintesis juga dilakukan pada konsentrasi  $AgNO_3$  0,1 mM (diberi kode B) dan 0,25 mM (diberi kode C).

NPP yang terbentuk dikarakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300-700 nm (Andi *et al.*, 2018). Pengukuran dilakukan pada hari ke-1, 5, 12, dan 15 untuk mengetahui kestabilan NPP berdasarkan perubahan panjang gelombang maksimum dan nilai absorpsi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Karakterisasi dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) juga dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran NPP yang terbentuk dan zeta potensial.

NPP yang terbentuk digunakan untuk mendeteksi  $H_2O_2$  dengan cara mencampurkan 20 tetes NPP dengan 10 tetes  $H_2O_2$  pada berbagai konsentrasi. Konsentrasi  $H_2O_2$  yang digunakan yaitu 50, 40, 30, 20, 10, 1, 0,1, 0,01, dan 0,001 mM. Setelah NPP dan  $H_2O_2$  dicampurkan, kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300-700 nm.

## Hasil dan Pembahasan

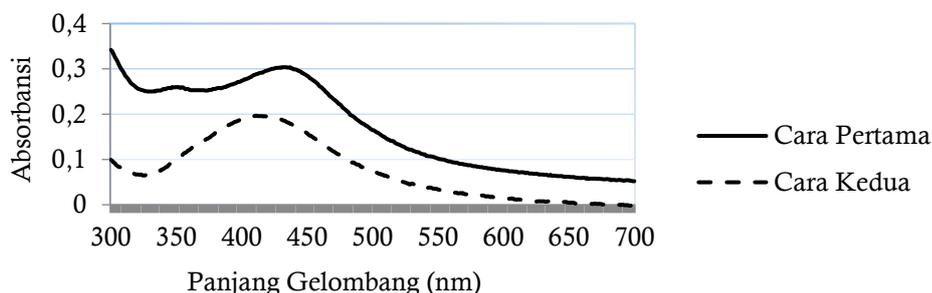
Sintesis nanopartikel perak (NPP) dilakukan dengan mencampurkan  $AgNO_3$  dan ekstrak daun kersen dengan perbandingan tertentu.  $AgNO_3$  sebagai material dasar nanopartikel, sedangkan ekstrak

daun kersen berperan sebagai bioreduktor untuk mereduksi  $\text{Ag}^+$  menjadi  $\text{Ag}^0$  sehingga dihasilkan NPP. Indikasi terbentuknya NPP secara visual ditandai dengan perubahan warna dari jernih larutan  $\text{AgNO}_3$  menjadi kuning pucat hingga coklat (Gambar 1). Selain itu, keberadaan NPP juga dapat diamati dengan munculnya serapan pada kisaran panjang gelombang 400-450 nm, yang merupakan serapan khas NPP (Solomon *et al.*, 2007).



**Gambar 1.** Perubahan warna dari jernih larutan  $\text{AgNO}_3$  menjadi kuning pucat pada pembentukan NPP

Larutan PVA 1% juga ditambahkan selama sintesis sebagai stabilisator untuk mencegah agregasi partikel dengan melingkupi permukaan NPP yang telah terbentuk. Berdasarkan hasil penelitian ini, pada sintesis dengan penambahan ekstrak dan PVA cara kedua diperoleh puncak serapan pada panjang gelombang maksimum 411-415 nm, atau lebih rendah dari serapan NPP yang dihasilkan dengan cara pertama yaitu 431-434 nm. Semakin pendek panjang gelombang maksimum yang diperoleh, maka ukuran NPP semakin kecil (Solomon *et al.*, 2007). Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran dari PSA. Pada penambahan ekstrak dan PVA dengan cara pertama dihasilkan ukuran rata-rata NPP sebesar 333 nm, sedangkan pada penambahan cara kedua dihasilkan ukuran rata-rata NPP sebesar 170,9 nm.



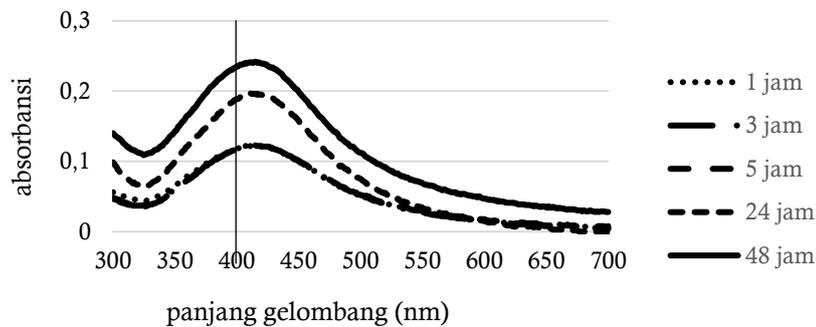
**Gambar 2.** Spektra UV-Vis yang menunjukkan perbandingan puncak serapan pada penambahan PVA dan ekstrak

Pada sintesis cara pertama, penambahan ekstrak dilakukan terus menerus hingga berwarna hampir kuning baru ditambah dengan PVA sehingga NPP lebih mudah mengalami agregasi, sedangkan pada cara kedua penambahan ekstrak dan PVA dilakukan secara selang-seling sehingga kemungkinan terjadinya aglomerasi lebih kecil. Dapat disimpulkan, penambahan ekstrak dan PVA yang dilakukan dengan cara kedua (bergantian antara PVA dan ekstrak) memperoleh hasil yang lebih optimum.

Spektrum UV-Vis juga menjadi salah satu data yang digunakan untuk mengetahui proses pembentukan NPP. Spektra UV-Vis selama pembentukan NPP ditunjukkan pada Gambar 2. Spektra tersebut menunjukkan kenaikan absorbansi tiap waktu selama sintesis.

Semakin bertambahnya waktu terjadi kenaikan nilai absorbansi maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya waktu, maka puncak absorbansi yang diperoleh semakin tinggi. Semakin tinggi absorbansi yang diperoleh, maka NPP yang terbentuk semakin banyak (Masakke *et al.*, 2015). Hal tersebut dikarenakan proses reduksi  $\text{AgNO}_3$  menjadi NPP masih berjalan sehingga NPP yang terbentuk akan semakin bertambah seiring bertambahnya waktu (Masakke *et al.*, 2015). Selain dilihat dari absorbansi yang diperoleh, NPP juga dapat dilihat dari lebar puncak yang terbentuk. Semakin kecil lebar puncak, maka ukuran NPP yang terbentuk semakin homogen. Pada Gambar 3. puncak absorbansi yang terbentuk tidak mengalami perubahan seiring bertambahnya

waktu. Hal tersebut menunjukkan bahwa ukuran NPP yang terbentuk cenderung sama atau tidak mengalami perubahan secara signifikan. Seperti yang dijelaskan Ahmed *et al.*, (2016), bahwa lebar puncak serapan menandakan distribusi NPP yang terbentuk, semakin besar lebar puncak serapan maka distribusi NPP yang terbentuk semakin beragam.



**Gambar 3.** Spektra UV-Vis yang menunjukkan hasil sintesis sampel B1 dengan penambahan PVA dan ekstrak secara selang-seling

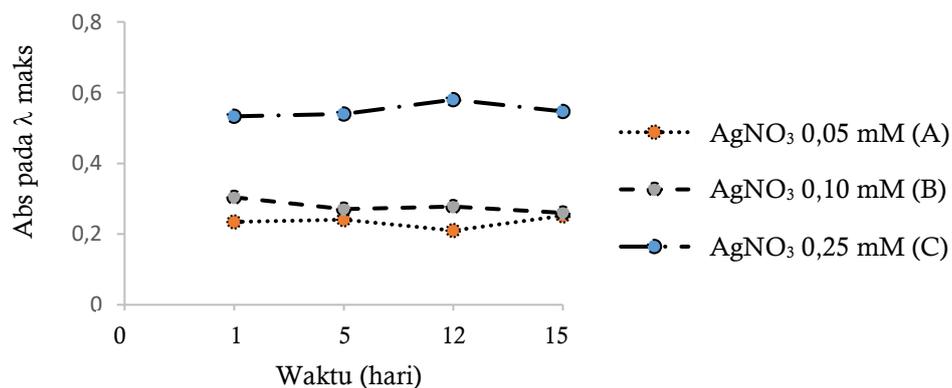
Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran zeta potensial untuk mengetahui kestabilan sistem koloid NPP. Pengukuran zeta potensial ini dilakukan pada masing-masing variasi penambahan ekstrak dan PVA yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data yang menunjukkan waktu pengukuran dan zeta potensial NPP pada sampel B1

No.	Cara Penambahan PVA dan Ekstrak	Waktu Pengukuran	Zeta Potensial (mV)
1.	Berurutan	Hari ke-8	-2,4
2.	Selang-seling	Hari ke-2	-5,1

Pada Tabel 1 zeta potensial yang didapatkan masih rendah, hal tersebut menunjukkan bahwa koloid NPP tidak stabil. Berdasarkan Andi *et al.* (2018), zeta potensial yang tinggi akan mengakibatkan muatan antar partikel stabil, sehingga menolak terjadinya agregasi, sedangkan zeta potensial yang rendah, mengakibatkan muatan antar partikel mengalami tarik menarik yang sangat kuat sehingga cenderung mengental atau mengalami flokulasi.

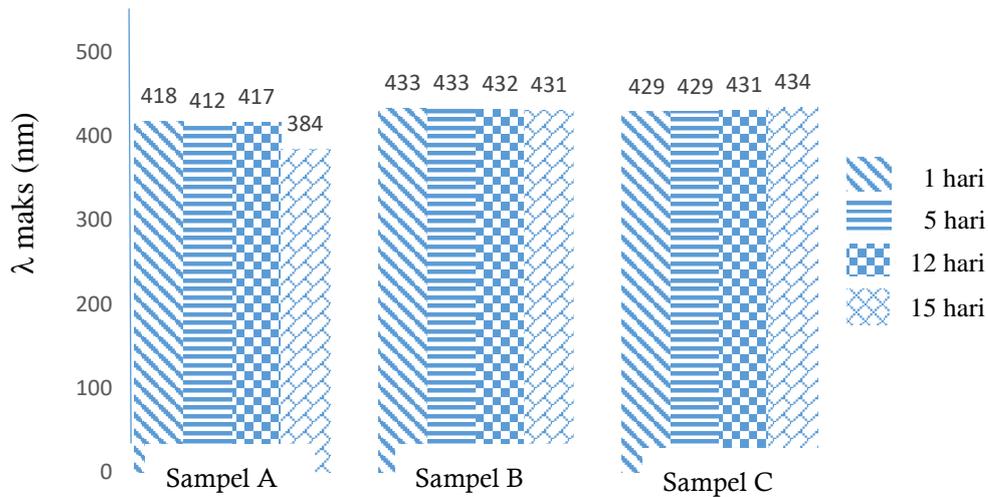
NPP dianalisis lebih lanjut dengan mengamati absorbansi dan daerah absorbansi tiap NPP hasil sintesis dari konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  yang optimal dalam sintesis NPP.



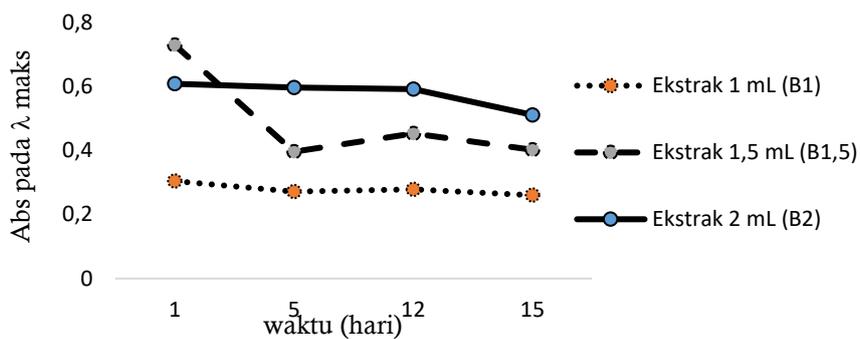
**Gambar 4.** Grafik yang menunjukkan pengaruh konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  terhadap absorbansi NPP selama 15 hari

Berdasarkan Gambar 4. nilai absorbansi yang cukup stabil terlihat pada sampel B. Semakin bertambahnya waktu, absorbansi tidak mengalami perubahan secara signifikan. Hal tersebut ditunjukkan dengan perubahan puncak absorbansi yang relatif kecil (Ahmed *et al.*, 2016). Dapat

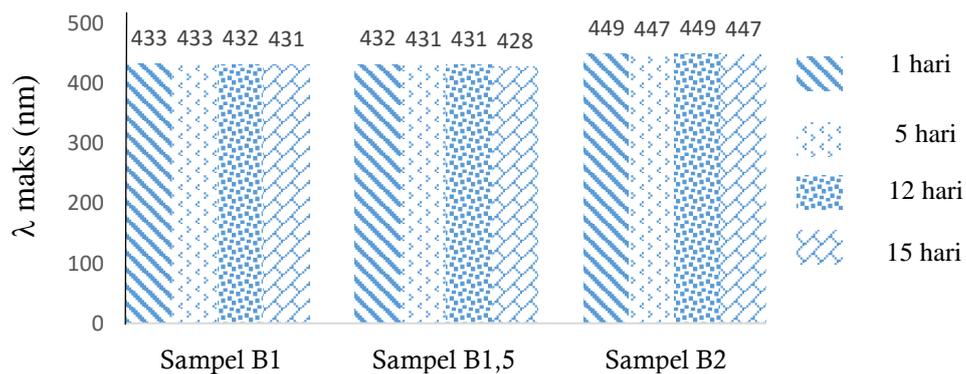
disimpulkan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  0,01 mM (sampel B) merupakan prekursor paling stabil untuk digunakan dalam sintesis NPP.



**Gambar 5.** Diagram pengaruh konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  terhadap perubahan panjang gelombang maksimum NPP. sampel A ( $\text{AgNO}_3$  0,05 mM), sampel B ( $\text{AgNO}_3$  0,1 mM), sampel C ( $\text{AgNO}_3$  0,25 mM).



(a)



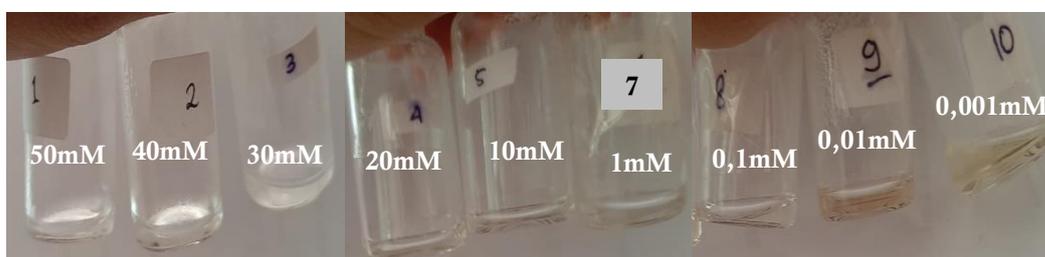
(b)

**Gambar 6.** Diagram yang Menunjukkan Pengaruh Volume Ekstrak terhadap (a) Nilai Absorbansi Maksimum, (b) Panjang Gelombang Maksimum Tiap Penambahan Waktu pada Sampel B ( $\text{AgNO}_3$  0,1 mM).

Analisis lebih lanjut dilakukan dengan mengamati pergeseran panjang gelombang pada konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk memperkuat dasar penentuan konsentrasi paling ideal untuk digunakan dalam sintesis NPP. Data perubahan panjang gelombang tiap masing-masing konsentrasi disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5, sampel B menunjukkan panjang gelombang paling stabil dan terjadi pergeseran panjang gelombang ke arah yang lebih kecil seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Hal ini menandakan bahwa proses reduksi berjalan sempurna. Semakin kecil panjang gelombang maksimum yang dihasilkan maka ukuran NPP semakin kecil. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wahyudi *et al.*, (2011), bahwa kestabilan koloid NPP dapat diketahui dari terjadinya perubahan puncak serapan. Jika terjadi pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa kestabilan NPP kurang dikarenakan telah terjadi aglomerasi. Seperti yang terjadi pada sampel C yang menunjukkan pertambahan panjang gelombang tiap penambahan usia NPP. Menurut Shittu & Ihebunna (2017), hal ini terjadi karena NPP telah mengalami aglomerasi. Partikel-partikel nano saling menempel sehingga mengakibatkan ukuran NPP semakin besar. Berdasarkan analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa  $\text{AgNO}_3$  dengan konsentrasi 0,1 mM (sampel B) merupakan sampel paling ideal untuk sintesis NPP dengan ekstrak daun kersen.

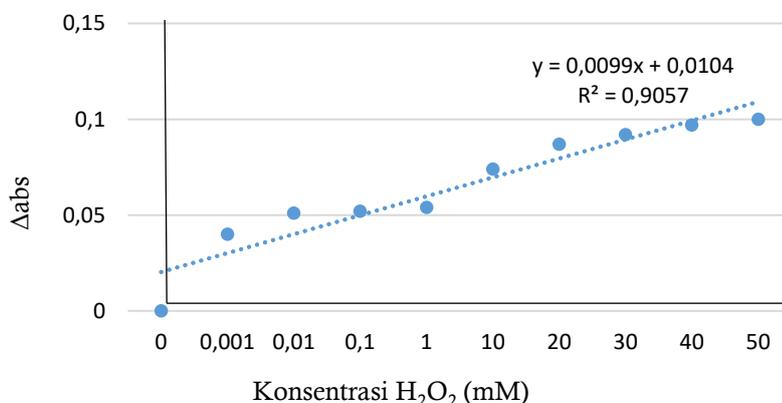
Analisis selanjutnya dilakukan terhadap pengaruh volume ekstrak daun kersen pada NPP hasil sintesis. Hal ini dilakukan untuk mengetahui volume ekstrak yang optimal pada sintesis NPP. Analisis tersebut dilihat dari perubahan puncak absorbansi dan pergeseran panjang gelombang maksimum tiap penambahan waktu penyimpanan pada sampel B (Gambar 6).



**Gambar 7.** Warna Campuran NPP dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  yang berbeda-beda, yaitu dari konsentrasi 50 mM sampai 0,001 mM

Perubahan warna koloid NPP dapat terjadi karena adanya agregasi NPP yang diakibatkan oleh analit (Xiong & Li, 2008). Analit akan mengganggu interaksi  $\text{Ag}^0$  dengan oksigen dalam PVA, sehingga peran PVA sebagai penstabil terganggu. Akibat adanya agregasi ini, maka warna NPP akan berubah menjadi warna agregat yang terbentuk dan menghasilkan resonansi plasmon yang besar pada permukaan NPP. Selain itu, perubahan warna pada campuran NPP- $\text{H}_2\text{O}_2$  dapat pula disebabkan oleh sifat oksidator kuat  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Adriansyah *et al.*, 2017). Hal ini dapat dilihat dari potensial reduksi standar  $\text{H}_2\text{O}_2$  yang nilainya jauh lebih besar dibandingkan dengan Ag. Potensial reduksi standar  $\text{H}_2\text{O}_2$  adalah +1,77 V dan potensial reduksi standar Ag adalah +0,80 V. Dengan demikian,  $\text{H}_2\text{O}_2$  dapat mengoksidasi  $\text{Ag}^0$  menjadi  $\text{Ag}^+$  (Adriansyah *et al.*, 2017).

Selanjutnya dibuat kurva antara konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan  $\Delta$ absorbansi yang ditunjukkan pada Gambar 8.  $\Delta$ absorbansi merupakan selisih antara absorbansi NPP awal dengan absorbansi NPP yang telah ditambah dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$ .



**Gambar 8.** Grafik hubungan antara konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan absorbansi

Gambar 8. menunjukkan bahwa nilai regresi yang diperoleh sebesar 0,9057. Hal ini menandakan hubungan linear antara NPP dengan konsentrasi ion H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Nilai R<sup>2</sup> yang mendekati 1 menunjukkan adanya korelasi yang linear antara konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan absorbansi NPP. Selain pengukuran linearitas, juga dilakukan pengukuran sensitivitas yaitu dengan mengukur nilai LoD dan LoQ. Nilai LoD dan LoQ yang diperoleh berturut-turut adalah 0,229 mM dan 0,761 mM. Hasil tersebut menunjukkan bahwa NPP mampu mendeteksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hingga konsentrasi terkecil yaitu 0,229 mM dan konsentrasi terendah dari H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang masih dapat ditentukan dan memenuhi kriteria akurasi dan presisi adalah 0,761 mM.

Rica *et al.*, (2015) telah melakukan uji deteksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> menggunakan ekstrak bunga sepatu secara Carik Uji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis didapatkan LoD sebesar 13,877 mM, artinya metode tersebut mampu mendeteksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sampai konsentrasi 13,877 mM. Penelitian lain yang dilakukan oleh Ting *et al.*, (2020) tentang deteksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> berbasis *nanocluster* perak berlapis polietilenamin, mampu mendeteksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan limit deteksi 35 nM. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari kedua metode tersebut, metode pada penelitian ini memiliki sensitivitas yang lebih baik dibanding dengan metode carik uji. Namun, jika dibandingkan dengan metode uji berbasis *nanocluster* perak, limit deteksi metode yang dikembangkan ini masih terlalu tinggi.

### Simpulan

NPP paling optimal disintesis dari larutan AgNO<sub>3</sub> 0,1 mM dengan bioreduktor ekstrak daun kersen pada perbandingan volume AgNO<sub>3</sub> dan ekstrak 60:1. NPP yang dihasilkan mempunyai ukuran rata-rata sebesar 170,9 nm, dan menyerap radiasi sinar tampak pada panjang gelombang maksimum 411-415 nm. Pembentukannya ditandai dengan perubahan warna dari jernih larutan AgNO<sub>3</sub> menjadi kuning kecoklatan. Pengujian NPP untuk deteksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> memperoleh hasil yang linear dengan R<sup>2</sup> sebesar 0,9057, pada range konsentrasi 0,001 sampai 50 mM dan NPP hasil sintesis mampu mendeteksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sampai konsentrasi 0,229 mM.

### Daftar Pustaka

- Adriansyah, R., Firdaus, L., & Elvinawati. 2017. Analisis Hg<sup>2+</sup> dengan Menggunakan Nanopartikel Perak Sebagai Indikator Kolorimetri dengan Metode Spektrofotometri. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 1(2): 136-143.
- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. 2016. A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise. *Journal of Advanced Research*, 7(1):17-28.
- Khaydarov, R., Estrin, Y., & Branch, S. 2009. Nanomaterials: Risks and Benefits, *Journal of Nanoparticle Research*, 2(3): 287-297.
- Masakke, Y., Sulfikar, & Rasyid, M. 2015. Biosintesis Partikel-nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Sainsmat*, 4(1), 28-41.
- Nagarajan, R. dan Hatton, T.A. 2008. *Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Passivation, and Functionalization*. Washington, DC: American Chemical Society.
- Poliana J, & MacCabe A.P. 2007. *Industrial Enzymes; Structure, Function, and Applications*. Dordrecht: Springer. hal 441. ISBN 978-1-4020-5376-4.
- Prasatiowati, A.L., Prasetya A.T, & Wardani, S. 2018. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) sebagai Antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7:2.
- Prasetyo, A. D., & Sasongko, H. 2014. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 70 % Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) terhadap Bakteri *Bacillus subtilis* dan *Shigella dysenteriae*. *Jupemasi-Pbio (Jurnal Penelitian Mahasiswa Pendidikan Biologi)*, 1(1):98- 102.
- Rica R., Kurniaty, N., & Miftah, A.M. 2015. *Pengembangan Metode Deteksi Pemutih Makanan Kalsium Hipoklorit dan Hidrogen Peroksida yang Bersifat Oksidator Menggunakan Ekstrak Petal Kembang Sepatu (*Malvaviscus arboreus* Cav.) Secara Carik Uji dan Spektrofotometer UV-Visible*. Bandung: Universitas Islam Bandung.

- Sabokdast, M., Habibi-Rezaei, M., Moosavi-Movahedi, A.A., Ferdousi, M., Azimzadeh-Irani, & E.; Poursasan. N. 2015. Protection by beta-hydroxybutyric acid against insulin glycation, lipid peroxidation and microglial cell apoptosis. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23(1): 42.
- Shittu, K. O., & Ihebunna, O. 2017. Purification of simulated waste water using green synthesized silver nanoparticles of *Piliostigma thonningii* aqueous leave extract. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 8(4): 1-9.
- Solomon, S.D., Bahadory, M., Jeyarajasingam, A.V., Rutkowsky, S.A., & Boritz, C. 2007. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, 84 (2): 322-325.
- Ting, Z., Su, Z., Wang, X., Luo, M., Tu, Y., & Yan, J. 2020. Fluorescence detections of hydrogen peroxide and glucose with polyethyleneimine-capped silver nanoclusters. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 244 (2021):118881.
- Wahyudi, T., Sugiyana, D., & Helmy. 2011. Sitisis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya terhadap Bakteri E.coli dan S. Aureus. *Arena Tekstil*, 26(1): 1-6.
- Willems & Wildenberg V.D. 2005. *Roadmap Report on Nanoparticle*. Barcelona, Spain: W & W Espanas.
- Xiong, D., & Li, H. (2008). Colorimetric detection of pesticides based on calixarene modified silver nanoparticles in water. *Nanotechnology*, 19(46): 465502.