



Biosintesis Nanopartikel Perak (NPP) Menggunakan Ekstrak Buah Kersen (*Muntingia Calabura L.*) Asal Pulau Timor dan Aplikasinya pada Sensor Kertas Berbasis *Smart Phone* untuk Analisis Ion Merkuri

Maria D. Kaka¹, Reinner I. Lerrick¹, David Tambaru^{1*}

¹Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang

*Corresponding author, email: david_tambaru@staf.undana.ac.id

ABSTRACT

Research on the biosynthesis of silver nanoparticles (AgNPs) using cherry fruit extract from the Timor island and their potential for application on smartphone-based mercury assays has been conducted. This project aimed to synthesize AgNPs using fruit extract of Timor cherry. The AgNPs were then used to analyze mercury ion using smartphone-based paper sensors. It was found that AgNPs was successfully synthesized using cherry fruit extract Timor Island. It was indicated visually by the color change from clear to brownish orange and was confirmed spectrophotometrically using UV-Vis spectrophotometer that the AgNPs produced showed maximum wavelengths at 430-450 nm. It was also concluded that the AgNPs synthesized using boiled extract at room temperature showed a better stability than those synthesized under the sunlight. While AgNPs from meat extracts of cherry fruit juice at room temperature produced considerably stable AgNPs. Whereas AgNPs was spontaneously formed when using fruit juice extract under sun irradiation. The application of AgNPs in mercury ion analysis using a smartphone paper sensor indicated a good analytical response. This is indicated by changes in the intensity of red on the paper sensor detected by smartphone camera. The intensity of the red color decreases with increasing concentration of Hg^{2+} in a range of 5 to 60 ppm.

Keywords: Biosynthesis of AgNPs, kersen extract, smartphone-based paper sensors, mercury

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian biosintesis nanopartikel perak (NPP) menggunakan ekstrak buah kersen (*Muntingia calabura L.*) asal pulau Timor dan diaplikasikan pada sensor kertas berbasis *smartphone* untuk analisis logam merkuri. Tujuan dari penelitian adalah untuk mensintesis NPP menggunakan ekstrak buah kersen dari pulau Timor dan NPP tersebut dipergunakan menganalisis logam merkuri dengan metode sensor kertas berbasis *smartphone*. Hasil penelitian menunjukkan biosintesis NPP dari ekstrak buah kersen asal pulau Timor berhasil disintesis. Hal ini ditunjukkan oleh perubahan warna dari bening menjadi jingga kecoklatan dan panjang gelombang 430-450 nm pengukuran pada spektrofotometer UV-VIS. NPP yang disintesis menggunakan ekstrak rebusan pada suhu ruang lebih mampu bertahan daripada NPP yang disintesis dengan disinari matahari. Sementara NPP dari ekstrak jus daging buah kersen pada suhu ruang menghasilkan NPP yang cukup stabil. Sedangkan NPP dari ekstrak jus daging buah kersen dengan penyinaran matahari, sintesis berlangsung spontan (NPP sangat tidak stabil). Aplikasi NPP pada sensor kertas berbasis *smartphone* untuk analisis merkuri memberikan respon positif. Hal tersebut ditunjukkan oleh perubahan intensitas warna merah pada kertas sensor yang dideteksi oleh kamera *smartphone*. Intensitas warna merah tersebut semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi Hg^{2+} yakni dalam rentang 5 hingga 60 ppm.

Kata kunci : Biosintesis nanopartikel perak, sensor kertas berbasis *smartphone*, merkuri

PENDAHULUAN

Era globalisasi teknologi saat ini berkembang dengan sangat pesat. Salah satu teknologi yang cukup diminati oleh ilmuwan adalah nanoteknologi. Nanoteknologi merupakan teknologi

yang mampu memproduksi material hingga berukuran nano yakni 1-100 nm.¹ Perbedaan ukuran partikel suatu material yang sama akan memberikan sifat dan fungsi yang sangat berbeda. Namun material nano memiliki karakteristik lebih unggul dibandingkan material yang besar.²

Metode yang lazim digunakan untuk mensintesis (NPP) adalah metode kimia (*bottom-up*) dan metode fisika (*top down*).^{2,3} Kedua metode tersebut cukup rumit serta biaya yang mahal, sehingga kedua metode sangat sulit dijangkau. Selain daripada itu bahan-bahan kimia yang digunakan untuk sintesis (NPP) seperti NaBH_4 dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan.³

Biosintesis menjadi salah satu alternatif untuk mensintesis nanopartikel perak (NPP). Metode biosintesis lebih ramah lingkungan, murah serta mudah dijangkau. Biosintesis merupakan jalur biologis yang memanfaatkan senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam tumbuhan seperti flavanoid, steroid, triterpenoid, saponin dan vitamin C.⁴

Tumbuhan kersen (*Muntingia calabura L.*) telah digunakan untuk mensintesis NPP dan digunakan untuk mendeteksi ion merkuri dalam sampel cair dengan metode pencitraan digital.^{1,5} Di Nusa Tenggara Timur (NTT) khususnya pada daratan Timor kersen (*Muntingia calabura L.*) tumbuh liar dan menghasilkan buah yang sangat banyak. Namun buah kersen tersebut belum dimanfaatkan secara optimal dan umumnya dibiarkan terbuang. Oleh karena itu buah kersen dalam pulau Timor perlu pengelolaan khusus. Dalam penelitian ini ekstrak buah kersen dipergunakan untuk mensintesis NPP untuk analisis logam merkuri namun dengan menggabungkan dengan metode sensor kertas.

Merkuri merupakan salah satu logam beracun yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan hingga menyebabkan berbagai penyakit apabila terpapar pada makhluk hidup. Penyakit yang ditimbulkan merkuri seperti kerusakan sistem saraf, kerusakan pada fungsi jantung dan pembuluh darah, ginjal, perkembangan janin bahkan pada kematian bila terpapar terus menerus.^{6,7}

Metode pengukuran merkuri umumnya menggunakan alat-alat yang canggih seperti *cold vapour atomic absorption spectrophotometer (CVAAS)*⁸, *inductively coupled plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS)*⁹, elektrokimia¹⁰ dan lain-lain. Namun metode ini membutuhkan biaya yang sangat mahal dan hanya terdapat di kota-kota besar.

Sensor berbasis kertas merupakan metode telah berkembang pesat dalam dua dekade terakhir dan telah ditandemkan dengan berbagai jenis detektor portable seperti *scanner*, kamera digital, *smartphone* dan lainnya.^{11,12} Sensor kertas merupakan metode alternatif untuk penentuan konsentrasi kimia menggunakan media kertas. Interaksi antara pereaksi dan analit ditunjukkan dengan perubahan warna.¹³ Perubahan warna tersebut dapat direkam oleh kamera *smartphone* dan dianalisis nilai intensitas warna pada aplikasi histogram. Aplikasi tersebut sangat bergantung pada intensitas komponen warna *Red-Green-Blue (RGB)*^{14,15}.

Sensor berbasis kertas merupakan metode yang ramah lingkungan karena metode ini hanya membutuhkan pereaksi dan sampel dalam jumlah yang sangat kecil, berukuran kecil, tidak membutuhkan peralatan canggih sehingga sangat cocok untuk digunakan di daerah terpencil dan kurang infrastruktur laboratorium canggih.^{14,16} Oleh karena itu pada penelitian ini, sensor berbasis kertas yang ditandemkan dengan *smartphone*, dikembangkan untuk mengukur ion merkuri dalam air dengan memanfaatkan perak nanopartikel yang disintesis dengan menggunakan ekstrak buah kersen asal Pulau Timor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis nanopartikel perak (NPP) dilakukan menggunakan metode biosintesis yaitu memanfaatkan buah kersen yang sudah matang (*Muntingia calabura L.*) asal pulau Timor. Biosintesis dilakukan dengan merujuk kepada metode Sari dkk (2017).

Namun demikian dalam penelitian ini dikaji perbandingan reduktan berupa air rebusan buah kersen sebagaimana yang dilakukan Sari dengan reduktan dalam bentuk jus daging dan kulit

buah kersen. Kajian sintesis NPP juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh penyinaran cahaya matahari secara langsung dalam proses biosintesis NPP sebagaimana yang dilakukan Purwo terhadap biosintesis NPP tanpa sinar matahari langsung (pada suhu ruang).

Nanopartikel perak (NPP) stabil yang telah disintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. NPP tersebut kemudian diaplikasikan pada sensor kertas berbasis *Smartphone* untuk mendeteksi ion logam merkuri.

Preparasi Sampel

Buah Kersen yang digunakan adalah buah kersen dari kecamatan Penfui Timur Kabupaten Kupang NTT. Buah kersen yang memiliki kematangan yang sama dipetik dari pohonnya untuk kemudian dicuci, dikeringkan dan ditimbang. Dalam pengambilan sampel buah kersen, tangkai buah tidak dihilangkan dengan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada sampel buah kersen yang akan digunakan., seperti yang disajikan di Gambar 1.



Gambar 1. Sampel Buah kersen

Buah kersen yang yang diperoleh sebanyak 120 g untuk kemudian direbus dan dihaluskan menjadi jus buah kersen.

Pembuatan Ekstrak Buah kersen dengan Perebusan

Buah kersen yang telah ditimbang sebanyak 60 g direbus selama 10 menit. Air rebusan buah kersen kemudian diambil dan didiamkan hingga dingin setelah itu disaring dengan kertas saring Whatman no.42. Hasil penyaringan berupa filtrat berwarna kekuningan, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ekstrak buah kersen hasil perebusan

Pembuatan Jus Daging dan Kulit Buah kersen

Buah kersen sebanyak 60 gram dipisahkan daging dan kulit buahnya. Daging dan kulit buah yang diperoleh masing-masing 44,935 g dan 14,126 g. Daging dan kulit buah kersen kemudian masing-masing dihancurkan menggunakan blender dengan penambahan akuades hingga menjadi jus daging dan jus kulit buah kersen (Gambar 4.3)



Gambar 3. (a) Daging Buah sudah diblender , (b) Kulit Buah sudah diblender

Untuk memperoleh ekstrak yang bebas dari partikel-partikel lainnya, maka dilakukan tiga (3) kali penyaringan. Penyaringan pertama jus daging dan kulit buah kersen menggunakan kertas saring biasa diperoleh filtrat berturut-turut cairan kental berwarna kuning dan cairan encer berwarna merah. Kedua cairan kemudian diencerkan dengan penambahan akuades untuk kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman no.42. Hasil penyaringan kedua ini diperoleh masing-masing cairan encer filtrat putih untuk jus daging buah dan cairan encer berwarna merah muda untuk jus kulit buah kersen.

Penyaringan dilanjutkan menggunakan *siringe filter* 0,45 mm setelah terlebih dahulu ekstrak diencerkan kembali menggunakan akuades. Hasil akhir berupa filtrat bening untuk jus daging buah kersen dan cairan kuning untuk jus kulit buah kersen (Gambar 4.4).



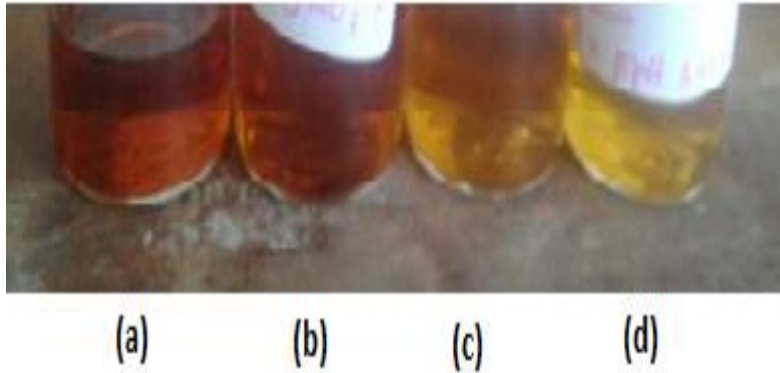
Gambar 4. (a) Ekstrak Daging Buah, (b) Ekstrak Kulit Buah kersen

Biosintesis Nanopartikel Perak (NPP)

Setelah diperoleh reduktan berupa (1) ekstrak buah kersen hasil perebusan, (2) ekstrak jus daging buah kersen dan (3) ekstrak jus kulit buah kersen maka akan dilakukan biosintesis NPP menggunakan larutan AgNO_3 2 mM. Sintesis dilakukan dengan menambahkan reduktan kepada larutan AgNO_3 .

Biosintesis NPP menggunakan ekstrak buah kersen hasil perebusan

Sintesis NPP menggunakan reduktan ekstrak buah kersen hasil perebusan dengan merujuk kepada prosedur yang telah dilakukan oleh Sari, dkk.⁵ dilakukan dengan variasi volume seperti Tabel 4. 1. Namun demikian, diperoleh endapan hitam Ag^0 yang serta-merta terbentuk ketika campuran dipaparkan cahaya matahari secara langsung



Gambar 5. Biosintesis NPP metode Sari tanpa sinar matahari langsung⁵.

(a) 2 ml ekstrak : 2 ml AgNO_3

(c) 6 ml ekstrak : 2 ml AgNO_3

(b) 4 ml ekstrak : 2 ml AgNO_3

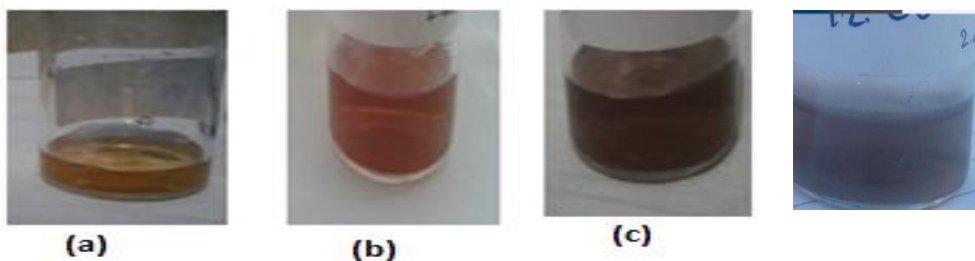
(d) 5 ml ekstrak : 1 ml AgNO_3

Berdasarkan Gambar 5. diatas dapat dilihat bahwa perubahan warna sangat dipengaruhi oleh volume ekstrak dan AgNO_3 . Volume ekstrak yang semakin meningkat dan volume AgNO_3 yang tetap. Semakin besar volume ekstrak maka warna jingga kecoklatan semakin kuning terang. Perubahan warna tersebut merupakan tanda terbentuknya nanopartikel perak (NPP). Hal ini sesuai hasil yang diperoleh peneliti sebelumnya dan telah dikarakterisasi menggunakan instrumen.¹ Namun demikian, NPP yang dihasilkan hanya mampu bertahan selama 2 minggu. Pengamatan menunjukkan bahwa setelah 2 minggu, semua NPP untuk tiap variasi diatas berubah menjadi endapan hitam Ag^0 yang tidak berukuran nano.

Biosintesis NPP dari ekstrak daging jus buah kersen dengan penyinaran sinar matahari

Setelah percobaan sintesis NPP menggunakan metode Sari⁵ dengan modifikasi (tanpa sinar matahari langsung) berturut-turut tidak menghasilkan NPP akan tetapi NPP tersebut tidak stabil, maka sintesis NPP dilakukan menggunakan ekstrak jus daging buah kersen. Hal ini diduga dengan perebusan buah kersen senyawa-senyawa yang dapat berfungsi sebagai reduktan akan mengalami kerusakan sehingga mengurangi kemampuan reduksi Ag^+ menjadi Ag^0 .

Campuran 2:1 ekstrak jus daging buah kersen dengan larutan AgNO_3 2 mM yang kemudian dikenai sinar matahari secara langsung memberikan larutan kuning NPP setelah 2 menit. Namun demikian, setelah 15 menit disimpan dalam suhu ruang, reaksi reduksi Ag^+ tetap berlangsung ditandai dengan berubahnya menjadi larutan menjadi jingga kecoklatan. Setelah 30 menit, terbentuk endapan hitam Ag^0 (Gambar 6). Adanya endapan menunjukkan bahwa Ag^0 tidak lagi berukuran nano melainkan berukuran mikro.



Gambar 6. Biosintesis Daging Buah kersen Dengan Penyinaran Matahari

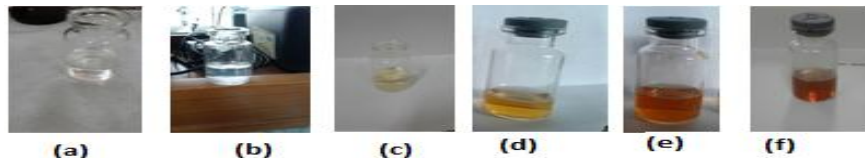
(a) 2 menit penyinaran matahari, (b) 15 menit disuhu ruang (c) 30 menit disuhu ruang (d) 40 menit

Berdasarkan perubahan warna suspensi diatas, maka dapat dikatakan bahwa biosintesis NPP dari daging buah kersen dengan cahaya matahari berhasil dilakukan. Namun kelemahan dari biosintesis ini adalah NPP yang dihasilkan sangat tidak stabil.

Biosintesis NPP menggunakan ekstrak jus daging dan kulit buah kersen pada suhu ruang

Setelah mengamati pengaruh faktor penyinaran sinar matahari secara langsung dalam proses biosintesis NPP sebelumnya, maka pembuatan NPP berikutnya adalah dengan menggunakan ekstrak jus daging buah kersen tanpa cahaya matahari atau dalam kondisi suhu ruang. Dilakukan juga sintesis NPP menggunakan ekstrak jus kulit buah kersen. Adapaun variasi yang digunakan adalah campuran reduktan: larutan AgNO_3 2 mM adalah 4:2.

Sebagaimana terlihat pada Gambar 7, setelah 10 menit warna campuran terlihat mulai terjadi perubahan warna dari bening menjadi putih pucat. Semakin lama warna campuran berubah menjadi kuning terang (setelah 30 menit), kuning cokelat (45 menit), jingga (1 jam) dan terakhir campuran berwarna jingga kecoklatan setelah 2 jam. Campuran ini bertahan hingga 1 bulan disimpan dalam botol kaca bening (botol vial) pada suhu ruang.



Gambar 7. Biosintesis NPP dari Jus Daging buah kersen pada Suhu Ruang
(a) 0 jam (b) 10 menit (c) 30 menit (d) 45 menit (e) 1 jam (f) 2 jam

Pada penelitian ini juga dilakukan sintesis NPP menggunakan ekstrak jus kulit buah kersen pada suhu ruang. Campuran yang digunakan juga adalah 4 : 2 untuk ekstrak jus kulit buah kersen dan AgNO_3 dan diperoleh NPP berwarna jingga kecoklatan. Namun demikian metode ini membutuhkan waktu lebih lambat yaitu 24 jam dibandingkan dari sintesis NPP menggunakan ekstrak jus daging buah kersen.

Rekapitulasi sintesis NPP untuk semua kondisi disajikan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut terlihat bahwa sintesis NPP pada kondisi perbandingan 4 : 2 menggunakan ekstrak jus daging buah kersen tanpa sinar matahari memberikan hasil paling bagus (baris 10). Dengan demikian NPP yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Visible dan diaplikasikan pada sensor kertas berbasis *smartphone* untuk analisis logam Hg^{2+} .

Tabel 2. Rekapitulasi kondisi biosintesis NPP

No.	Reduktan	AgNO_3 2 mM (mL)	Kondisi	Waktu (menit)	NPP
1	2 mL ekstrak rebusan buah kersen	2	Sinar matahari secara langsung	1	Tidak terbentuk*
2	4 mL ekstrak rebusan buah kersen	2	Sinar matahari secara langsung	1	Tidak terbentuk*
3	6 mL ekstrak rebusan buah kersen	2	Sinar matahari secara langsung	1	Tidak terbentuk*
4	5 mL ekstrak rebusan buah kersen	1	Sinar matahari secara langsung	1	Tidak terbentuk*
5	2 mL ekstrak rebusan buah kersen	2	Tanpa cahaya matahari (suhu ruang)	15	Jingga kecoklatan**
6	4 mL ekstrak rebusan buah kersen	2	Tanpa cahaya matahari (suhu ruang)	30	Jingga**

7	6 mL ekstrak rebusan buah kersen	2	Tanpa cahaya matahari (suhu ruang)	60	Jingga terang**
8	5 mL ekstrak rebusan buah kersen	1	Tanpa cahaya matahari (suhu ruang)	120	Kuning**
9	2 mL ekstrak jus daging buah kersen	1	Tanpa cahaya matahari (suhu ruang)	15	Jingga kecoklatan** *
10	4 mL ekstrak jus daging buah kersen	2	Tanpa cahaya matahari (suhu ruang)	120	Jingga kecoklatan** **
11	4 mL ekstrak jus kulit buah kersen	2	Tanpa cahaya matahari (suhu ruang)	1440	Jingga kecoklatan

*Ag⁺ langsung berubah menjadi Ag⁰ dengan ukuran mikro ditandai endapan hitam Ag⁰nya

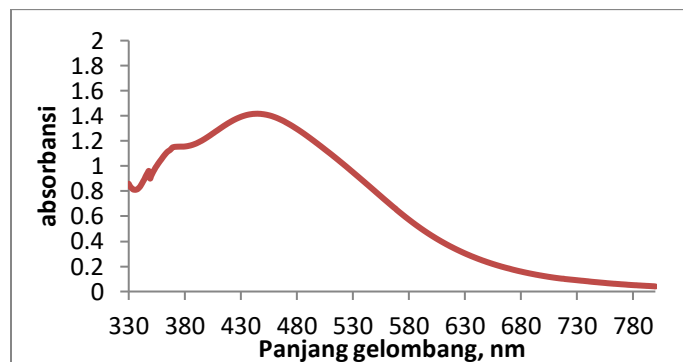
**NPP tidak stabil dan berubah menjadi berukuran mikro dalam 2 minggu

*** NPP tidak stabil dan berubah menjadi berukuran mikro dalam 30 menit

**** NPP bertahan hingga 1 bulan.

Karakterisasi Nanopartikel Perak (NPP) dengan Spektrofotometer UV-Visible

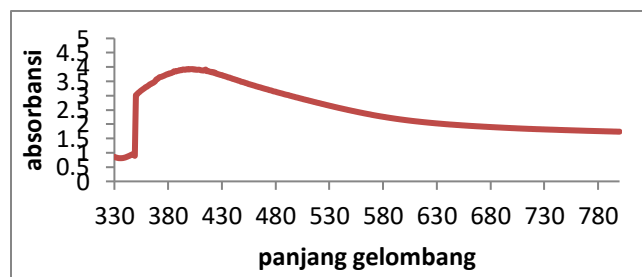
NPP yang telah berhasil dibuat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Visible. Secara teori, karakteristik absorpsi sinar UV-Visible oleh NPP adalah pada panjang gelombang 400-450 nm.⁵



Gambar 8. Spektrum UV-Vis NPP 2 jam

Gambar 8 menunjukkan spektrum Uv-Visible sampel NPPs. Berdasarkan hasil pengukuran pada spektrum serapan UV-Vis dapat dilihat bahwa kisaran panjang gelombang NPP hasil sintesis adalah pada 430-450 nm. Hal ini sesuai dengan teori dan peneliti-peneliti sebelumnya.⁵

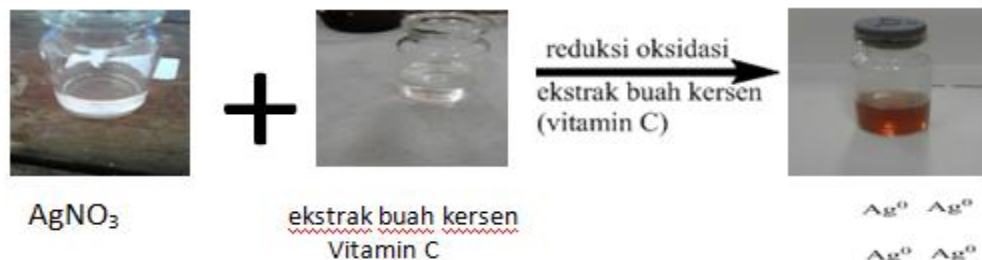
Selain itu, dilakukan pula pengukuran UV-Visibel untuk NPP yang dihasilkan setelah 1 bulan penyimpanan pada suhu ruang dan diperoleh spektrum sebagaimana terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Spektrum UV-Vis NPP 1 bulan

Berdasarkan hasil pengukuran diatas tersebut, panjang gelombang serapan UV-Vis masih berkisar 400-410 nm. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa NPP yang disintesis masih stabil walaupun tanpa tambahan bahan agen pestabil NPP lainnya.

Pembentukan NPP yang mampu bertahan dalam jangka waktu cukup lama ini diduga bahwa ekstrak buah kersen mengandung vitamin C yang berperan penting sebagai agen pereduksi sekaligus agen penstabil sehingga NPP mampu bertahan lama tanpa agen pestabil lainnya. Vitamin C sebagai agen pereduksi menyebabkan terjadi reaksi reduksi oksidasi untuk menghasilkan NPP. Ketika ekstrak buah kersen mereduksi ion logam (Ag^+) menjadi (Ag^0), maka perak akan saling beragregasi satu sama lain untuk membentuk partikel yang berukuran nano. Berikut ilustrasi reduksi oksidasi vitamin C dalam ekstrak buah kersen terhadap (Ag^+) menjadi (Ag^0) :



Gambar 10. Ilustrasi Reduksi Oksidasi (Ag^+) menjadi (Ag^0)

Proses reaksi reduksi oksidasi yang terjadi diduga karena perbedaan potensial reduksi yang dimiliki vitamin C dan Ag^+ yakni +0,35 volt dan +0,80 volt. Nilai potensial reduksi dari vitamin C di bawah AgNO_3 , sehingga memungkinkan terjadinya reaksi reduksi oksidasi.

Aplikasi NPP pada Sensor Kertas Berbasis *Smartphone*

NPP hasil sintesis kemudian digunakan dalam aplikasi sensor kertas berbasis *smartphone* untuk menganalisis logam Hg^{2+} . Pada prinsipnya, NPP akan ditambahkan ke permukaan kertas (Whatmann no. 42, Gambar 11) untuk selanjutnya akan bereaksi dengan Hg^{2+} dalam sampel melalui reaksi reduksi-oksidasi yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna. Warna hasil reaksi kemudian dideteksi menggunakan *smartphone* melalui citra warna untuk selanjutnya dianalisis menggunakan software *Microsoft visual c# 2010 expres*. Nilai hasil pengukuran RGB oleh software tersebut digunakan untuk menghasilkan persamaan regresi linear konsentrasi Hg^{2+} dalam sampel vs Intensitas warna.



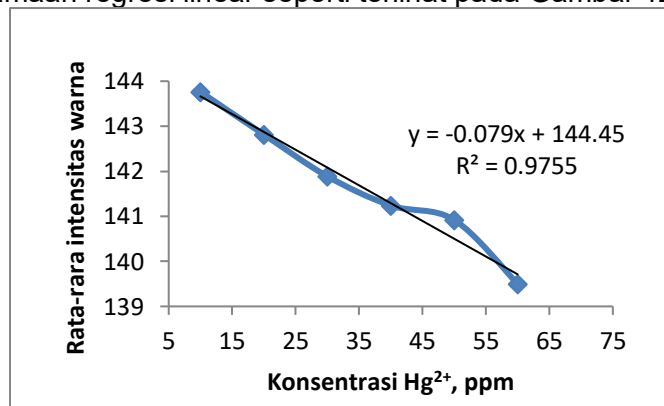
Gambar 11. Bentuk kertas Whatman no. 42 untuk sensor

Performa aplikasi sensor kertas yang dibuat terhadap variasi konsentrasi larutan HgCl_2 masing-masing 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 ppm ditunjukkan dengan perbedaan warna yang terbentuk pada permukaan sensor kertas. Citra warna setiap sensor kertas yang dideteksi oleh kamera *smartphone* kemudian diukur intensitas RGBnya menggunakan program *Microsoft visual c# 2010 expres* sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Warna merah yang memberikan intensitas tertinggi diantara nilai intensitas RGB yang diperoleh digunakan sebagai indikator kuantitas analit, dalam hal ini Hg^+ .

Tabel 3. Intensitas warna NPP terhadap variasi konsentrasi HgCl_2 .

Hg (ppm)	Intensitas merah
Blanko	151,676
5	150,838
10	146,9746
20	145,082
30	143,941
40	140,950
50	139,231
60	134,084

Tabel 3. menunjukkan nilai intensitas warna hasil pengolahan citra oleh aplikasi *Microsoft visual c# 2010 expres* (histogram) memberikan perubahan intensitas seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion merkuri. Warna blanko sebagai warna dasar NPP memberikan intensitas warna merah (Red) sebesar 151,676. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan NPP yang memiliki nilai intensitas warna yang tinggi dapat diturunkan dengan penambahan HgCl_2 . Kurva hubungan antara intensitas warna terhadap konsentrasi Hg^{2+} disajikan dalam persamaan regresi linear seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik intensitas warna merah terhadap konsentrasi Hg^{2+}

Dari grafik terlihat bahwa kurva tersebut memiliki nilai R^2 koefisien mendekati 1 yaitu 0,975 dengan persamaan regresi $y = -0.079x + 144.4$. Perubahan warna ini diduga bahwa NPP dan ion Hg^{2+} mengalami reaksi reduksi oksidasi. Hg^{2+} mereduksi NPP (Ag^0) secara perlahan hingga menjadi Ag^+ , hal ini yang menyebabkan intensitas warna NPP semakin menurun. Perbedaan nilai potensial reduksi antara logam Hg^{2+} dan logam Ag^+ juga yang memungkinkan terjadinya reaksi oksidasi. Potensial reduksi Hg^{2+} lebih besar dari Ag^+ .

Berikut reaksi reduksi oksidasi antara Hg^{2+} dan Ag^+ sebagai berikut :



Dari reaksi tersebut Ag mengalami oksidasi menjadi Ag^+ sementara Hg^{2+} mengalami reduksi Hg_2^{2+} .

Konfirmasi kemampuan NPP dalam mendeteksi Hg^{2+}

Selain dari aplikasi NPP pada sensor kertas, penelitian ini juga melakukan uji konfirmasi kemampuan deteksi Hg^{2+} oleh NPP dalam bentuk larutan. Namun demikian, konsentrasi NPP dan larutan HgCl_2 harus sangat pekat karena dalam konsentrasi ppm, larutan Hg^{2+} tidak berwarna. Konsentrasi Hg^{2+} yang digunakan adalah 1000 ppm sedangkan larutan NPP sebanyak

2 mL. Penambahan larutan Hg^{2+} 1000 ppm kepada larutan NPP yang berwarna jingga kecoklatan serta-merta merubah warna campuran menjadi tak berwarna. Hal ini menjadi konfirmasi bahwa NPP mampu mendeteksi Hg^{2+} melalui mekanisme reaksi redoks.

Kesimpulan

Sintesis NPP telah berhasil disintesis secara biosintesis menggunakan ekstrak buah kersen (*Muntingia calabura L.*) asal pulau Timor. Biosintesis NPP paling optimal dilakukan pada kondisi tanpa sinar matahari dengan reduktan ekstrak jus daging buah kersen. Aplikasi NPP telah berhasil dilakukan pada sensor kertas berbasis *smartphone* untuk mendeteksi ion merkuri.

DAFTAR PUSTAKA

1. Firdaus ML, Fitriani I, Wyantuti S, et al. Colorimetric Detection of Mercury(II) Ion in Aqueous Solution Using Silver Nanoparticles. *Anal Sci.* 2017;33(7):831-837. doi:10.2116/analsci.33.831
2. Nitti F. Synthesis of gold nanoparticles and their application for detection and removal of water contaminants. *Media Sains.* 2014;13(2):221-232.
3. Magdy G, Aboelkassim E, Abd Elhaleem SM, Belal F. A comprehensive review on silver nanoparticles: Synthesis approaches, characterization techniques, and recent pharmaceutical, environmental, and antimicrobial applications. *Microchem J.* 2024;196:109615. doi:10.1016/j.microc.2023.109615
4. Sharma S, Dubey A, Singh A, Sundramoorthy AK, Arya S. Eco-friendly synthesis of silver nanoparticles for electrochemical detection of 2,4-dichlorodiphenyltrichloroethane. *Microchem J.* 2026;225:118277. doi:10.1016/j.microc.2026.118277
5. Sari PI, Firdaus ML, Elvia R. PEMBUATAN NANOPARTIKEL PERAK (NPP) DENGAN BIOREDUKTOR EKSTRAK BUAH *Muntingia calabura L* UNTUK ANALISIS LOGAM MERKURI. *ALOTROP J Pendidik Dan Ilmu Kim.* 2017;1(1):20-26.
6. Iwai K, Iwai-Shimada M, Tatsuta N, et al. High-throughput mercury speciation analysis of breast milk using HPLC-ICP-MS. *Microchem J.* 2025;211:113142. doi:10.1016/j.microc.2025.113142
7. Syversen T, Kaur P. The toxicology of mercury and its compounds. *J Trace Elem Med Biol.* 2012;26(4):215-226. doi:10.1016/j.jtemb.2012.02.004
8. Górecki J, Burmistrz P, Trzaskowska M, Sołtys B, Gołaś J. Method development and validation for total mercury determination in coke oven gas combining a trap sampling method with CVAAS detection. *Talanta.* 2018;188:293-298. doi:10.1016/j.talanta.2018.05.098
9. Bolea-Fernandez E, Rua-Ibarz A, Anjos JA, Vanhaecke F. Development and initial evaluation of a combustion-based sample introduction system for direct isotopic analysis of mercury in solid samples via multi-collector ICP-mass spectrometry. *Talanta.* 2024;276:126210. doi:10.1016/j.talanta.2024.126210
10. Takemura K, Iwasaki W, Morita N, et al. Three pretreatment technologies for the highly sensitive electrochemical quantification of mercury in soil in the presence of interfering substances. *Talanta.* 2026;302:129399. doi:10.1016/j.talanta.2026.129399
11. Almeida MIGS, Jayawardane BM, Kolev SD, McKelvie ID. Developments of microfluidic paper-based analytical devices (μ PADs) for water analysis: A review. *Talanta.* 2018;177:176-190. doi:10.1016/j.talanta.2017.08.072
12. Kusmawan ZA, Nauledo G, Nitti F, Tambaru D. Pengembangan Sensor Berbasis Kertas dengan Detektor Smartphone Untuk Analisis Boraks dalam Matriks Mie Basah. *Chem Notes.* 2025;7(2):1-9. doi:https://doi.org/10.35508/cn.v7i2.26342

13. Dawan P, Chaiyasith WC, Sawangmek S. Development of a paper-based analytical device integrated with a custom-built smartphone application for on-site colorimetric water quality testing. *Talanta*. 2026;298:128957. doi:10.1016/j.talanta.2025.128957
14. Tambaru D, Rupilu RH, Nitti F, Gauru I, Suwari. Development of paper-based sensor coupled with smartphone detector for simple creatinine determination. In: *AIP Conference Proceedings*. Vol 1823. AIP Publishing; 2017:020095. doi:10.1063/1.4978168
15. David T, Grandivoriana NA, Fidelis N. Digital-Based Image Detection System in Simple Silver Nanoparticles-based Cyanide Assays. *Res J Chem Environ*. 2018;22(Special Issue II):10-14.
16. Nitti F, Ati WA, De Rozari P, Ola PD, Tambaru D, Kadang L. Simple Microfluidic Paper-Based Analytical Device (μ -PAD) Coupled with Smartphone for Mn(II) Detection Using Tannin as a Green Reagent. *Indones J Chem*. 2023;23(4):1095. doi:10.22146/ijc.82511.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah kersen (*Muntingia calabura L.*) yang diperoleh dari daratan Timor, larutan AgNO_3 2 mM, kertas saring Whatman no.42, akuades, kertas saring biasa dan *Syringe filter* 0,45 μm .

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat penghancur (blender), botol vial, spektrofotometer UV-Vis, erlenmeyer, gelas kimia, pipet tetes, batang pengaduk, corong, penyangga corong, aluminium foil, tisu, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas kimia 600 ml, *Handphone Samsung galaxy J5* kamera 13 mega pixel, mikropipet dan hot plate.

Prosedur Kerja

Preparasi sampel

Buah kersen (*Muntingia calabura L.*) yang memiliki tingkat kematangan (tingkat kemerahan) relatif seragam, dipetik dari pohon kersen yang tumbuh di desa Penfui Timur, Dusun (1), RT 10/ RW 03 kecamatan Kupang Tengah, kabupaten Kupang. Buah-buah kersen tersebut disimpan dalam toples yang tertutup rapat. Sebelum digunakan, buah kersen tersebut dicuci dengan akuades hingga bersih, tangkai buahnya dipisahkan. Setelah kering, buah ditimbang sebanyak 120 gram untuk digunakan sebagai bahan pembuatan ekstrak.

Pembuatan ekstrak buah kersen

Pembuatan ekstrak dilakukan dengan dua cara yaitu perebusan buah dan pembuatan jus ekstrak

Dengan cara perebusan

Sebanyak 60 gram buah kersen direbus dengan 60 mL aqua menggunakan hot plate, selama 10 menit. Setelah dingin, air rebusannya, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman no. 42 dan diperoleh filtrat sebagai ekstrak untuk digunakan biosintesis NPP.

Dengan cara pembuatan jus

Sebanyak 60 gram buah kersen dikupas, kemudian daging dan kulitnya masing-masing ditimbang. Secara terpisah, daging buah dan kulit buah dihancurkan menggunakan blender dengan penambahan aquades. Jus buah kersen yang diperoleh kemudian disaring sebanyak 3 tahap. Penyaringan pertama jus daging dan kulit buah, masing-masing disaring menggunakan kertas saring biasa, diikuti dengan menggunakan kertas saring Whatman No.42. filtrat pertama diencerkan dengan penambahan akuades. Penyaringan ketiga menggunakan alat *syringe filter* 0,45 μm . Sebelum dilakukan penyaringan ini, filtrat dari penyaringan kedua ditambahkan akuades. Filtrat tersebut kemudian disimpan dalam botol vial.

Biosintesis Nanopartikel Perak (NPP)

Ekstrak rebusan buah kersen dicampurkan dengan larutan AgNO_3 2 mM. Variasi volume ekstrak dan AgNO_3 2 mM dapat dilihat pada Tabel 4. Campuran kemudian disimpan pada suhu ruang dan diamati hingga terjadi perubahan warna.

Tabel 4. Variasi volume ekstrak peresebusan buah kersen dan AgNO_3 2 mM

Volume ekstrak (mL)	Volume AgNO_3 2 mM
2	2
4	2
6	2
5	1

Dengan volume variasi ekstrak buah kersen perebusan dan AgNO_3 2 mM yang sama dipaparkan pada matahari secara langsung, kemudian diamati hingga terjadi perubahan warna.

Percobaan untuk ekstrak daging jus buah kersen dicampurkan dengan larutan AgNO_3 2 mM dengan volume perbandingan ekstrak buah kersen dan AgNO_3 adalah 2 : 1. Kemudian dipaparkan pada matahari secara langsung dan diamati perubahan warna yang terjadi.

Percobaan untuk ekstrak daging jus buah kersen dicampurkan dengan larutan AgNO_3 2 mM dengan volume perbandingan ekstrak buah kersen dan AgNO_3 4 : 2. Kemudian campuran tersebut disimpan pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan hingga terjadi perubahan warna hingga kecoklatan. Kemudian campuran yang berwarna ini dikarakterisasi seperti pada prosedur karakterisasi NPP.

Karakterisasi Nanopartikel Perak (NPP)

Karakterisasi nanopartikel perak (NPP) dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer serapan UV-Vis. Suspensi yang berwarna jingga kecoklatan dikarakterisasi menggunakan spektrum serapan UV-Vis. Pengukuran ini dilakukan 2 (dua) kali. Pengukuran pertama ketika suspensi berwarna jingga kecoklatan terbentuk 2 jam. Pengukuran kedua ketika suspensi berwarna jingga kecoklatan tersebut disimpan selama 1 bulan pada suhu ruang. Pengukuran pada spektrum serapan UV-Vis dengan panjang gelombang 200-800 nm. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk memperoleh panjang gelombang dari suspensi yang berwarna. Apabila terbentuk puncak panjang gelombang pada kisaran 400-450. Kisaran panjang gelombang tersebut menunjukkan bahwa suspensi tersebut benar-benar nanopartikel perak (NPP) telah terbentuk.

Aplikasi Sensor Kertas Berbasis Smartphone

Aplikasi ini diawali dengan pembuatan kertas blanko (warna dasar). Pertama-tama NPP yang berwarna jingga kecoklatan diambil dengan menggunakan mikropipet sebanyak 3 μL , kemudian ditetaskan pada permukaan kertas saring Wathman no.42 yang berdiameter 0,6 mm dengan pengulangan 5 kali. Kertas-kertas tersebut didiamkan selama 15 menit kemudian kertas-kertas tersebut difoto dengan *handphone Samsung galaksi J5*, kamera 13 mega pixel. Hasil citraan diukur intensitas warna RGB pada aplikasi Histogram (*Microsoft visual c# 2010 expres*). Intensitas warna RGB tertinggi dari setiap kertas tersebut yang akan digunakan dan dirata-ratakan dalam program *microsoft excel*.

Perlakuan yang sama dilakukan pada kertas sensor yang berbeda, ditambahkan larutan HgCl_2 sebanyak 3 μL dengan konsentrasi. Setelah itu dibiarkan selama 15 menit kemudian kertas-



kertas tersebut difoto dengan *handphone Samsung galaksi J5*, kamera 13 mega pixel. Hasil pencitraan tersebut diukur intensitas warna RGB pada aplikasi Histogram (*Microsoft visual c# 2010 expres*). Intensitas warna RGB tertinggi kemudin digunakan sebagai singal analitik. Pada kertas yang berbeda perlakuan yang sama dilakukan pada setiap konsentrasi HgCl_2 10, 20 30, 40, 50, dan 60 ppm. Intensitas warna RGB tertinggi dari setiap citraan dan konsentarsi HgCl_2 diolah dalam aplikasi program *microsoft excel*.