

**LAPORAN AKHIR  
RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT**



**BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (Ag) MENGGUNAKAN  
EKSTRAK DAUN AFRIKA (*VERNONIA AMYGDALINA*) DAN  
POLIETILEN GLIKOL 6000 SERTA APLIKASINYA SEBAGAI  
DETEKTOR ION LOGAM BERAT**

**TIM PENGUSUL**

**Dr. HENRY F. ARITONANG, S.Si., M.Si (Ketua)**  
**0007127103**

**Dr. Drs. DEWA G. KATJA, M.Si (Anggota)**  
**0020126006**

**WIDYA ASTUTY LOLO, S.Farm., M.Si., Apt (Anggota)**  
**0017088701**

**MAHASISWA**

**Yulia Feiren Tuuk (18101101045)**  
**Akbar Fikrah Asri (18101101029)**  
**Ryscha Yolrian Babay (18101101001)**

Dibiayai oleh:  
Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Badan Layanan Umum  
Nomor: SP DIPA - 023.17.2.677519/2022

**UNIVERSITAS SAM RATULANGI**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
**UNIVERSITAS SAM RATULANGI**  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
Alamat : Kampus UNSRAT Manado Telp. (0431) 827560, Fax. (0431) 827560  
Email: [lppm@unsrat.ac.id](mailto:lppm@unsrat.ac.id) Laman: <http://lppm.unsrat.ac.id>

HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR  
RTUU (RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT)

JUDUL KEGIATAN : BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AG) MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN AFRIKA (VERNONIA AMYGDALINA) DAN POLIETILEN GLIKOL 6000 SERTA APLIKASINYA SEBAGAI DETEKTOR ION LOGAM BERAT

**Ketua Peneliti**

Nama Lengkap : HENRY FONDA ARITONANG  
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi  
NIP : 197112072000031001  
Jab.Fungsional : Lektor Kepala  
Prodi : KIMIA  
Fakultas : MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
Nomor HP : 08124450362  
Email : [henryaritonang@unsrat.ac.id](mailto:henryaritonang@unsrat.ac.id)  
Usulan Biaya : Rp 50,000,000  
Biaya Maksimum : Rp 50,000,000  
Lama Penelitian : 12 bulan

**Anggota Peneliti (1)**

Nama Lengkap : DEWA GEDE KATJA  
NIP : 196012201986121001  
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

**Anggota Peneliti (2)**

Nama Lengkap : WIDYA ASTUTY LOLO  
NIP : 198708172012122002  
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

**Mahasiswa (1)**

Nama Lengkap/NIM: Yulia Feiren Tuuk / 18101101045

**Mahasiswa (2)**

Nama Lengkap/NIM: Akbar Fikrah Asri / 18101101029

**Mahasiswa (3)**

Nama Lengkap/NIM: Ryscha Yolrian Babay / 18101101001

Mengetahui  
Dekan FMIPA Unsrat



**Dr. Gerald H. Tamuntuan, S.Si., M.Si**  
NIP 197105062000031001

Manado, 02 November 2022  
Ketua Peneliti



**HENRY FONDA ARITONANG**  
NIP 197112072000031001

Menyetujui  
Ketua LPPM Universitas Sam Ratulangi



**Prof. Dr. Ir. Jeffrey I. Kindangen, DEA**  
NIP 196506031990031003

## RINGKASAN

Daun Afrika (*Vernonia amygdalina* Del.) adalah tumbuhan semak yang tumbuh tinggi hingga 5 meter. Tumbuhan ini dapat ditemukan di halaman rumah, sepanjang sungai, di tepi hutan, dan di padang rumput. Daun Afrika mengandung antrakuinon, asam fenolat, flavonoid, kumarin, lignan, peptida, saponin (vernoniosida dan steroid saponin), seskuiterpen lakton (vernolida, vernoladol, vernolepin, vernodalin dan vernomygdin), terpen, dan xanton. Tanaman daun Afrika banyak mengandung nutrisi dan senyawa kimia, seperti: serat, protein, lemak, karbohidrat, asam askorbat, karotenoid, kalsium, besi, fosfor, kalium, sulfur, natrium, mangan, tembaga, zink, magnesium, dan selenium. Daun Afrika mengandung glikosida, flavonoid, saponin, steroid/triterpenoid, dan tanin. Kandungan senyawa yang ada pada daun Afrika telah digunakan sebagai reduktor untuk mereduksi prekursor  $\text{AgNO}_3$  menghasilkan partikel-partikel perak (Ag).

Penelitian yang telah dilakukan hingga bulan September 2022, yaitu preparasi daun Afrika, maserasi, pembuatan larutan polietilen glikol 6000 (PEG 6000), sintesis nanopartikel Ag, karakterisasi produk nanopartikel Ag dengan: UV-Vis, *particle size analyser* (PSA), *energi dispersive spectroscopy* (EDS), dan *transmission electron microscopy* (TEM). Sementara itu, deteksi ion-ion logam berat dalam sampel air dengan metode Kolorimetri sementara dilakukan. Preparasi daun Afrika dilakukan dengan mencuci daun dengan air mengalir dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan di dalam ruangan pada suhu  $\pm 30^\circ\text{C}$  selama 7 hari. Daun yang telah kering, diblender dan diayak dengan ayakan 65 mesh. Daun Afrika yang telah halus dimaserasi di dalam toples kaca dengan merendam 200 g daun Afrika halus dalam etanol 96% sebanyak 1 L. Ekstrak yang diperoleh dipekatkan untuk mendapatkan ekstrak pekat daun Afrika. Ekstrak daun Afrika dicampurkan dengan larutan  $\text{AgNO}_3$  1 mM dengan variasi jumlah ekstrak daun Afrika yang digunakan, yaitu 0,01 gram, 0,02 gram, 0,03 gram, 0,04 gram dan 0,05 gram, sementara itu volume larutan  $\text{AgNO}_3$  1 mM yang digunakan 20 mL dan konsentrasi polietilen glikol 6000 (PEG 6000) yang digunakan adalah 15 ppm sebanyak 2 mL. Selanjutnya, dilakukan deteksi ion logam. dengan perbandingan 2:1 (v/v), dan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak pekat daun Afrika yang dihasilkan sebanyak 29,632 gram. Selanjutnya, ekstrak menunjukkan perubahan warna setelah dimasukkan ke dalam larutan  $\text{AgNO}_3$  1 mM, dari bening menjadi kecoklatan setelah dipanaskan. Hasil analisis pada spektrum UV-Vis menunjukkan bahwa setiap larutan memiliki puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 400-500 nm yang menunjukkan bahwa telah terbentuknya nanopartikel Ag. Berdasarkan data PSA bahwa rata-rata ukuran nanopartikel Ag yang terdapat di dalam ekstrak daun Afrika adalah 88,8 nm. Data EDS menunjukkan bahwa terdapat partikel Ag di dalam ekstrak daun Afrika sebanyak 63,27%. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel Ag yang terdapat di dalam ekstrak daun Afrika dan PEG-6000, dapat mendeteksi keberadaan ion logam dan yang paling selektif terhadap nanopartikel Ag adalah ion logam  $\text{Hg}^{2+}$ .

## PRAKATA

Dalam menjalankan tugasnya, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) Republik Indonesia memiliki tugas dan fungsi untuk membina sumber daya manusia Riset Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (SDM RIPTEK). Berbagai program penelitian telah dilaksanakan oleh Kemenristekdikti untuk meningkatkan kapasitas SDM RIPTEK, diantaranya adalah Penelitian yang dibiayai oleh Universitas Sam Ratulangi melalui dana DIPA.

Pada tahun 2022 ini, peneliti diberi kesempatan oleh Universitas Sam Ratulangi untuk melakukan Riset Terapan Unggulan Unsrat (RTUU) dengan judul : **Biosintesis Nanopartikel Perak (Ag) Menggunakan Ekstrak Daun Afrika (*Vernonia Amygdalina*) dan Polietilen Glikol 6000 serta Aplikasinya sebagai Detektor Ion Logam Berat**. Penelitian ini dilaksanakan selama satu tahun di Tahun 2022 ini. Hasil penelitian telah memperoleh nanopartikel Ag terdapat didalam ekstrak daun Afrika dan polietilen glikol 6000, karakterisasinya dengan UV-Vis, XRD, PSA, dan TEM, dan telah diuji sebagai detektor ion logam berat. Dengan demikian, peneliti berharap semoga penelitian ini bermanfaat, terima kasih.

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	i
<b>RINGKASANA</b> .....	ii
<b>PRAKATA</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	3
2.1. Daun Afrika ( <i>Vernonia amygdalina</i> Del).....	3
2.2. Nanopartikel.....	4
2.3. Nanopartikel Perak (Ag).....	5
2.4. Sintesis Nanopartikel.....	7
2.5. Polietilen Glikol (PEG).....	9
2.6. Karakterisasi Nanopartikel.....	10
2.6.1. <i>Spektrofotometer UV-Vis</i> .....	10
2.6.2. <i>Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)</i> .....	12
2.6.3. <i>Particle Size Analyzer (PSA)</i> .....	13
2.7. Kolometri.....	14
2.8. Kimia Logam.....	15
2.8.1. Merkuri (Hg).....	15
2.8.2. Timbal (Pb).....	15
2.8.3. Mangan (Mn).....	16
2.8.4. Tembaga (Cu).....	16
2.8.5. Nikel (Ni).....	17
2.8.6. Bismut (Bi).....	17
<b>BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b> .....	19

<b>BAB 4. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
4.1.  Prosedur Penelitian.....	20
4.1.1. Preparasi Sampel.....	20
4.1.2. Ekstraksi Serbuk Daun Afrika.....	20
4.1.3. Pembutan Larutan Polietilen Glikol (PEG-6000).....	20
4.1.4. Sintesis Nanopartikel Perak (Ag).....	20
4.2.  Karakterisasi Nanopartikel Perak (Ag).....	21
4.2.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	21
4.2.2. Karakterisasi Menggunakan Particle Size Analyser (PSA).....	21
4.2.3. Karakterisasi Menggunakan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS).....	22
4.2.4. Deteksi Ion-ion Logam dalam Sampel Air dengan Metode Kolorimetri.....	22
4.3.  Bagan Penelitian.....	23
<b>BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....</b>	<b>24</b>
5.1.  Rendemen Hasil Ekstraksi Serbuk Daun Afrika.....	24
5.2.  Sintesis Nanopartikel Perak (Ag).....	24
5.3.  Karakterisasi Nanopartikel.....	26
5.3.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	26
5.3.2. Karakterisasi Menggunakan Particle Size Analyser (PSA).....	28
5.3.3. Karakterisasi Menggunakan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS).....	29
5.3.4. Deteksi Ion-ion Logam dalam Sampel Air dengan Metode Kolorimetri.....	30
<b>BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>37</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Aplikasi Nanopartikel.....	5
Tabel 2 Variasi Perbandingan Sintesis Nanopartikel Ag.....	21

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Daun Afrika.....	3
Gambar 2 Skema Reduksi, Pertumbuhan dan Stabilisasi Nanopartikel.....	6
Gambar 3 Metodologi Sintesis Nanopartikel Secara Umum.....	7
Gambar 4 Struktur Senyawa Polietilen Glikol.....	9
Gambar 5 Skema Spektroskopi UV-Vis.....	11
Gambar 6 Bagan Alur Tahapan Penelitian.....	23
Gambar 7 Larutan-larutan yang telah mengandung nanopartikel Ag dari ekstrak daun Afrika.....	25
Gambar 8 Spektrum UV-Vis.....	27
Gambar 9 Hasil PSA Nanopartikel Ag dengan Penambahan PEG-6000.....	28
Gambar 10 Spektrum EDS Produk Hasil Penelitian (Nanopartikel Ag).....	30
Gambar 11 Profil larutan.....	31
Gambar 12 Mekanisme deteksi ion logam.....	32
Gambar 13 Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Hg.....	32
Gambar 14 Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Bi.....	34
Gambar 15 Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Cu.....	34
Gambar 16 Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Mn.....	35
Gambar 17 Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Ni.....	35
Gambar 18 Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Pb.....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Bukti luaran yang didapatkan.....	42
Lampiran 2	Surat Tugas Penelitian.....	43
Lampiran 3	Foto Kegiatan Penelitian dan Produk Penelitian.....	47
Lampiran 4	HKI (Paten sederhana).....	48

# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang Masalah

Teknologi berbasis nano atau sering disebut nanoteknologi pada saat ini, sudah sangat berkembang. Nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*) (Abdullah & Khairurijal 2010). Nanopartikel telah banyak dikaji untuk berbagai aplikasi teknologi dan dalam penelitian ilmu material, kimia, fisika, biologi, dan ilmu lingkungan.

Nanopartikel merupakan suatu partikel dengan ukuran nanometer, yaitu sekitar 1–100 nm. Material atau struktur yang mempunyai ukuran nano akan mempunyai sifat-sifat yang berbeda dari material asalnya. Karakteristik spesifik dari nanopartikel tersebut bergantung pada ukuran, distribusi, morfologi, dan fasanya. Pengaruh kemajuan dan pengaplikasian nanopartikel pada kehidupan sehari-hari dapat ditemukan diberbagai bidang seperti pada bidang medis, sensor, antimikroba, elektronik, pertanian, katalis, dan produk kecantikan (Kavitha *et al.*, 2013). Salah satu material yang disintesis sebagai nanopartikel adalah perak (Ag) (Wahyudi *et al.*, 2011).

Ag merupakan salah satu logam yang umum digunakan sebagai bahan baku pembuatan nanopartikel karena sifatnya yang tidak toksik terhadap kulit manusia dan memiliki sifat optis yang baik (Caro *et al.*, 2010). Nanopartikel Ag merupakan nanopartikel logam yang paling banyak diteliti dibandingkan dengan nanopartikel logam lainnya karena memiliki ukuran dan bentuk yang bergantung pada sifat optik, listrik dan magnetik yang dapat diaplikasikan sebagai antimikroba, antioksidan, bahan biosensor, produk kosmetik dan komponen elektronik.

Secara umum nanopartikel logam dapat disintesis dengan menggunakan dua metode yaitu metode top down (fisika) dan metode bottom up (kimia). Namun, kedua metode tersebut memiliki banyak kelemahan antara lain penggunaan bahan kimia yang mahal dan berbahaya yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Asri, 2015). Hal ini mendorong pengembangan metode sintesis yang lebih ramah lingkungan (*green synthesis*) agar dapat memberikan hasil yang jauh lebih baik (Rajeshkumar *et al.*, 2012). Umumnya metode ini memanfaatkan bahan alam yang berasal dari organisme darat maupun laut, seperti tumbuhan. Tumbuhan diketahui memiliki senyawa-senyawa organik yang berperan sebagai reduktor anorganik (Handayani *et al.*, 2011).

Ekstrak tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel Ag adalah tumbuhan yang memiliki senyawa yang dapat berperan sebagai agen pereduksi ion  $\text{Ag}^+$  menjadi  $\text{Ag}^0$  (Isaac *et al.*, 2013). Bahan alam yang digunakan sebagai agen pereduksi adalah bahan yang mengandung metabolit sekunder seperti terpenoid, fenolik, tanin, steroid, saponin, alkaloid, flavonoid dan lain-lain (Matutu *et al.*, 2016).

Daun Afrika (*Vernonia amygdalina* Del) dikenal dengan nama daun seribu penyakit karena memiliki efek farmakologi untuk berbagai macam penyakit seperti diabetes, hipertensi, kolesterol, asam urat, inflamasi, dan lain sebagainya (Muzaky & Wahyuni, 2015). Di Indonesia secara empiris bagian daun dari tumbuhan ini digunakan sebagai obat antidiabetes, obat antimalaria dan obat antikanker. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Tonukari *et al.* (2015), menunjukkan bahwa daun afrika mengandung banyak senyawa fitokimia seperti tannin, saponin, lakton, steroid, flavonoid dan glukosida. Beberapa penelitian lainnya juga menunjukkan adanya kandungan senyawa fenolik termasuk flavonoid yang terdapat dalam daun Afrika (Febrianti *et al.*, 2017). Senyawa dalam ekstrak daun Afrika yang berupa fenolik secara teoritis memiliki sifat pereduksi sehingga dapat digunakan sebagai reduktor pada sintesis nanopartikel Ag (Philip, 2010).

Stabilitas nanopartikel Ag memiliki peran yang penting dalam proses karakterisasi dan pengaplikasiannya dalam suatu produk. Upaya yang sering dilakukan untuk pencegahan terjadinya agregasi pada nanopartikel Ag adalah dengan penambahan material atau molekul pelapis partikel (Haryono *et al.*, 2008). Polimer adalah senyawa yang paling efektif dan sering digunakan untuk mencegah terjadinya aglomerasi. Penambahan polimer diharapkan dapat menjadi penghalang terjadinya proses agregasi dan proses oksidasi yang tidak diinginkan. Beberapa polimer yang sering digunakan adalah polivinil alkohol (PVA), polivinil pirolidin (PVP), polietilen glikol (PEG), polistiren sulfonat (PSS), poliasam akrilat (PAA) dan kitosan (Marliyana *et al.*, 2006).

Sejauh ini, penelitian mengenai biosintesis nanopartikel Ag menggunakan ekstrak daun Afrika sebagai detektor ion logam belum banyak dikembangkan. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengembangkan sintesis nanopartikel Ag termodifikasi polietilena glikol-6000 (PEG-6000) menggunakan ekstrak daun Afrika dan aplikasinya sebagai detektor ion logam.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Daun Afrika (*Vernonia amygdalina* Del)

Daun Afrika atau *Vernonia amygdalina* adalah tumbuhan semak yang berasal dari benua Afrika dan bagian lain dari Afrika, khususnya Nigeria, Kamerun dan Zimbabwe dan negara yang beriklim tropis salah satunya adalah Indonesia. Tumbuhan ini dapat ditemukan di halaman rumah, sepanjang sungai dan danau, ditepi hutan, dan di padang rumput (Swee *et al.*, 2010).

Menurut Kharimah (2016), klasifikasi tumbuhan daun Afrika adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Asterales
Famili	: Asteraceae
Genus	: <i>Vernonia</i>
Species	: <i>Vernonia amygdalina</i> Del.
Nama Lokal	: Daun Afrika



Gambar 1. Daun Afrika  
(Dokumentasi pribadi, 2021)

Daun Afrika mempunyai batang tegak, tinggi 1-3 m, bulat, berkayu, berwarna coklat; daun majemuk, anak daun berhadapan, panjang 15–25 cm, lebar 5–8 cm, berbentuk seperti ujung tombak, tepi bergerigi, ujung runcing, pangkal membulat, pertulangan menyirip, berwarna hijau tua, akar tunggang, berwarna coklat kotor (Ibrahim *et al.*, 2004).

Daun Afrika mengandung antrakuinon, asam fenolat, flavonoid, kumarin, lignan, peptida, saponin (verniosida dan steroid saponin), seskuiterpen lakton (vernolida, vernoladol, vernolepin, vernodalin dan vernomygdin), terpen, dan xanton. Tanaman Daun Afrika banyak mengandung nutrisi dan senyawa kimia, seperti: serat, protein, lemak, karbohidrat, asam askorbat, karotenoid, kalsium, besi, fosfor, kalium, sulfur, natrium, mangan, tembaga, zink, magnesium, dan selenium (Ijeh & Ejike, 2011). Daun Afrika mengandung glikosida, flavonoid, saponin, steroid/triterpenoid, dan tanin. Daun Afrika telah digunakan mengobati berbagai penyakit seperti di Ghana sebagai obat

antimalaria, konstipasi, dan demam; di Nigeria dan India sebagai antidiabetes, di Ethiopia dan Kongo sebagai antidiare dan hepatitis (Swee *et al.*, 2010). Penelitian mengenai khasiat daun Afrika telah banyak dilakukan seperti antidiabetes, antimalaria dan analgetik (Njan *et al.*, 2008), hepatoprotektif, antioksidan, antikanker, dan antibakteri.

## 2.2. Nanopartikel

Perkembangan teknologi di era digital saat ini tanpa disadari sangat berkembang dengan cepat dari waktu ke waktu. Nanoteknologi merupakan salah satu teknologi yang sangat berkembang pada saat ini. Nanoteknologi adalah teknologi perancangan, pembuatan dan aplikasi struktur/material berukuran nanometer (Ariyanta *et al.*, 2014). Nanopartikel adalah partikel yang berukuran sangat kecil dengan diameter antara 1-100 nm. Nanopartikel merupakan suatu partikel berdimensi tiga, yang memiliki ukuran berskala nanometer. Sifat material yang berukuran nanometer memiliki perbedaan dengan sifat pada ukuran yang lebih besar (*bulk*). Dimana material berukuran nano memiliki sifat kimia, fisika dan biologi yang lebih unggul dibandingkan material berukuran besar (Khan *et al.*, 2014).

Secara kimia, nanopartikel memiliki luas permukaan yang besar dengan intensitas yang tinggi pada lapisan permukaan sehingga jauh lebih reaktif dibandingkan dengan molekul biasa. Berdasarkan hukum fisika klasik, ukuran nanopartikel di bawah 50 nm akan memberikan efek kuantum, menimbulkan ilusi optik serta memiliki perilaku elektrik dan magnetik yang berbeda dari material biasa sehingga nanopartikel memiliki sifat fisik yang berguna seperti sifat konduktor yang luar biasa dan mampu menyimpan panas (Nagarajan & Hatton, 2008; Lauterwasser, 2005). Beberapa jenis nanoteknologi yang telah dikembangkan diantaranya adalah nanopartikel logam, oksida logam, semikonduktor, polimer dan material karbon (Nagarajan & Hatton, 2008). Nanopartikel logam menarik untuk dikembangkan karena aplikasinya yang luas seperti detektor, antimikroba, bioteknologi, elektronika, kosmetik, katalis, optik dan mikroelektronika (Yeo *et al.*, 2007; Sharma *et al.*, 2009; Mo *et al.*, 2015; Wahyudi *et al.*, 2008).

Nanopartikel bertujuan untuk mengatasi kelarutan zat aktif yang sukar larut, memperbaiki bioavailabilitas yang buruk, memodifikasi sistem penghantaran obat dapat langsung menuju daerah yang spesifik, meningkatkan stabilitas zat aktif dari degradasi lingkungan (penguraian enzimatis, oksidasi, hidrolisis), memperbaiki absorpsi suatu senyawa makromolekul dan mengurangi efek iritasi zat aktif pada saluran cerna (Mohanraj & Chen, 2006). Nanopartikel diklasifikasikan

menjadi dua jenis yaitu nanopartikel organik dan nanopartikel anorganik. Nanopartikel organik merupakan nanopartikel yang terdiri dari karbon, sedangkan nanopartikel anorganik terdiri dari logam. Menurut Asmathunisha dan Kathiresan (2013), nanopartikel anorganik diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu:

1. Nanopartikel magnetik yang terdiri dari logam besi.
2. Nanopartikel logam mulia yaitu nanopartikel yang terdiri dari logam-logam mulia seperti platinum, perak atau emas.
3. Nanopartikel semikonduktor yaitu nanopartikel yang terdiri dari titanium dioksida atau zink oksida. Adapun nanopartikel lainnya ialah nanopartikel polimer, silika dan biomolekul.

Tabel 1. Aplikasi Nanopartikel (Keat *et al.*, 2015)

Bidang Ilmu	Aplikasi
Tekstil	Pelindung sinar UV pada tekstil, anti noda pada tekstil, medikal tekstil
Biomedis Kesehatan	Terapi kanker, diagnosis, <i>drug delivery</i> , <i>cell imaging</i> Melindungi dari sinar UV, krem obat salep dan urap, <i>nutraceutical</i>
Makanan dan Pertanian	Pembungkus makanan, sensor analisa kualitas makanan
Katalisis	Katalisator bahan bakar, katalisator bahan aditif, fotokatalisis produksi hidrogen
Lingkungan	Air disinfektan, filter karbon aktif, pengelolaan limbah air

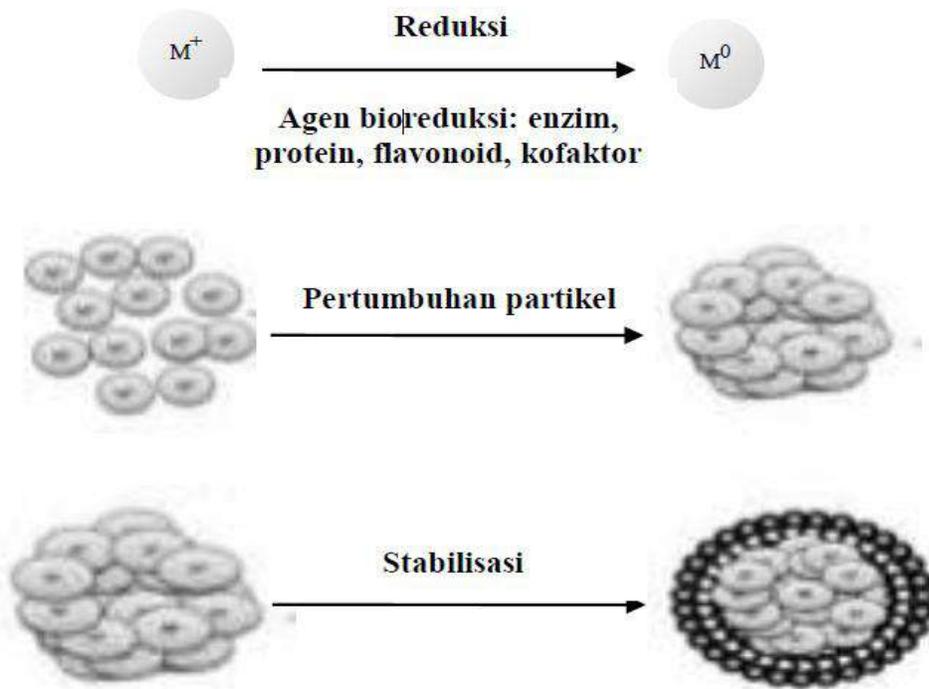
### 2.3. Nanopartikel Perak (Ag)

Berbagai jenis nanopartikel telah banyak disintesis seperti nanopartikel emas, perak, besi, zink, dan logam oksida. Nanopartikel Ag memiliki keunggulan dibandingkan dengan nanopartikel emas karena memiliki sifat optis yang lebih baik, sehingga nanopartikel Ag dapat digunakan sebagai detektor dan sekaligus sebagai indikator pewarnaan (kolorimetri). Selain itu, hasil sintesis nanopartikel perak telah banyak diaplikasikan dalam produksi pakaian, alas kaki, cat, perban, peralatan rumah tangga, kosmetik, dan plastik karena memiliki sifat antibakteri (Fabiani, 2018; Samberg, 2010).

Logam Ag merupakan salah satu logam transisi yang berwarna putih, mengkilap, lunak

dan dapat ditempa, dalam bentuk logam bersifat inert, namun akan bersifat reaktif dalam bentuk ion. Logam Ag bersifat aktif dalam bentuk ion baik dalam bentuk ion  $Ag^+$  maupun  $Ag^0$  (Dunn & Edwards-Jones, 2004). Logam Ag memiliki banyak manfaat dalam kehidupan manusia, Ag dapat digunakan sebagai katalis, konduktor dan stabilisator (Frattini *et al.*, 2005; Nagy & Mestl, 1999). Logam Ag juga diketahui memiliki aktivitas antibakteri yang disebabkan oleh beberapa hal diantaranya yaitu perak mampu merusak dinding sel bakteri, mampu mengganggu metabolisme sel dan dapat menghambat sintesis sel mikroba (Haryono *et al.*, 2008).

Perkembangan nanoteknologi yang semakin pesat mendorong para ilmuwan untuk mensintesis nanopartikel Ag yang memiliki reaktivitas lebih tinggi secara kimiawi dan kemudahannya untuk membentuk ion lebih tinggi dibandingkan partikel Ag yang lebih besar. Selain itu, rasio luas permukaan terhadap volume juga akan meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel (Gong *et al.*, 2007). Beberapa faktor lain yang menjadi daya tarik nanopartikel Ag adalah kemampuan menyerap pada daerah sinar tampak, sitotoksitasnya terhadap mikroba dan sel-sel tumor, sifat optik, konduktivitas, stabilitas kimia, aktivitas sebagai fungisida dan bakterisida (Singh *et al.*, 2015; Mittal *et al.*, 2016).



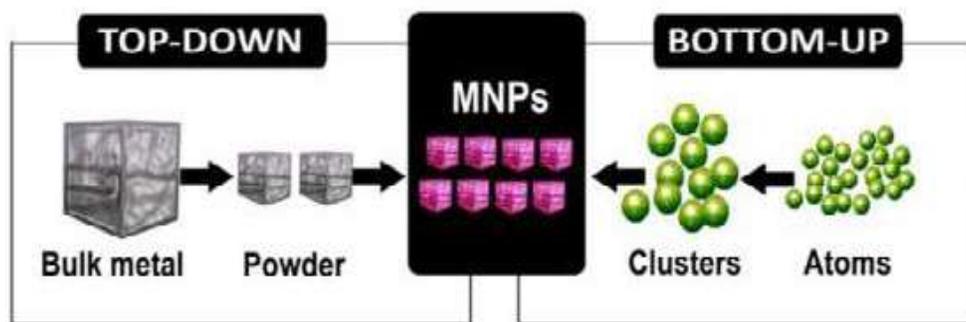
Gambar 2. Skema Reduksi, Pertumbuhan dan Stabilisasi Nanopartikel.

Proses sintesis nanopartikel Ag membentuk polimer Ag dan terhidrolisis membentuk inti Ag. Inti Ag muncul dalam kondisi jenuh sehingga menyebabkan terbentuknya koloid seperti dijelaskan pada Gambar 2 (Fatimah dan Mutiara, 2016).

Reduksi ion-ion dalam sintesis nanopartikel Ag pada umumnya menghasilkan koloid Ag dengan diameter berukuran nanometer. Stabilitas nanopartikel Ag memegang peranan yang sangat penting ketika akan dikarakterisasi dan diaplikasikan ke dalam sebuah produk. Nanopartikel Ag cenderung mengalami agregasi membentuk ukuran yang besar, oleh karena itu dibutuhkan zat penstabil untuk menjaga kestabilan nanopartikel. Upaya pencegahan terjadinya agregat antar nanopartikel dapat dilakukan dengan penambahan stabilizer (Haryono *et al.*, 2008).

#### 2.4. Sintesis Nanopartikel

Secara umum nanopartikel dapat disintesis dengan menggunakan dua metode yaitu metode *top down* (metode fisika) dan metode *bottom up* (metode kimia). Metode *top down* (metode fisika) dilakukan dengan memecah padatan logam yang berukuran besar menjadi partikel-partikel kecil berukuran nano melalui proses penggilingan. Metode *bottom up* (metode kimia) biasa disebut sebagai proses *self assembly* dilakukan dengan cara melarutkan prekursor partikel yang berupa garam logam, agen pereduksian penstabil sehingga terbentuk nanopartikel (Chou & Lu, 2008).



Gambar 3. Metodologi Sintesis Nanopartikel Secara Umum (Rath *et al.*, 2014)

Senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam tanaman diketahui dapat berfungsi sebagai reduktor yang dapat menggantikan atau berperan sebagai komplemen reduktor anorganik. Pemanfaatan senyawa-senyawa organik yang dimiliki oleh tanaman dalam sintesis nanopartikel

dikenal sebagai biosintesis yang merupakan suatu metode yang bersifat ramah lingkungan dan sederhana (Handayani, 2011). Biosintesis adalah metode sintesis nanopartikel menggunakan pendekatan *bottom up*. Sintesis nanopartikel dengan metode biosintesis melibatkan senyawa-senyawa organik seperti enzim, protein, karbohidrat maupun metabolit sekunder yang terdapat pada tanaman, hewan, mikroorganisme terutama golongan polihidroksi, flavonoid, dan terpenoid yang diketahui mampu mereduksi  $Ag^+$  menjadi  $Ag^0$  dalam proses pembentukan nanopartikel (Maryani *et al.*, 2017; Shankar *et al.*, 2004; Daniel *et al.*, 2012).

Dewasa ini, sintesis nanopartikel secara biologi lebih disukai dibandingkan metode fisikokimia, karena dinilai lebih banyak membawa manfaat, diantaranya yaitu lebih *ecofriendly*, *non toxic*, lebih *reproducible*, lebih mudah *di-scale up* serta morfologinya permukaannya lebih baik (Kim *et al.*, 2016, Parashar *et al.*, 2009). Sumber sintesis nanopartikel secara biologi adalah mikroorganisme dan tumbuhan. Namun demikian, penggunaan tanaman untuk sintesis nanopartikel lebih disukai dibandingkan dengan mikroorganisme karena berbagai alasan, diantaranya: proses yang lebih sederhana, lebih cepat, lebih *cost-effective*, lebih *biocompatible* sehingga lebih aplikatif untuk dimanfaatkan pada bidang medis. Hampir semua komponen dalam tanaman seperti protein, asam amino, asam organik, vitamin, dan metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, polifenol, terpenoid, komponen heterosiklik, dan polisakarida mempunyai peran yang signifikan dalam mereduksi logam, mampu bertindak sebagai *capping* dan *stabilizing agent* dalam sintesis nanopartikel (Kim *et al.*, 2016).

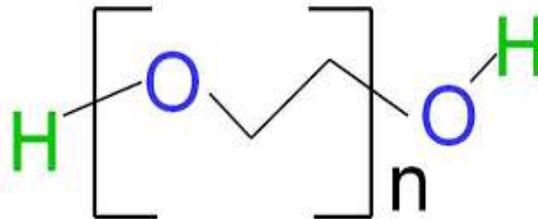
Makarov *et al.* (2014), mengemukakan bahwa terdapat tiga tahap utama dalam mekanisme sintesis nanopartikel memanfaatkan ekstrak tanaman, yaitu:

1. Tahap aktivasi dan nukleasi, dimana ion logam mengalami reduksi dan proses nukleasi dimana atom logam mengalami reduksi.
2. Tahap growth atau stabilisasi yaitu nanopartikel yang berdekatan, secara spontan mengalami peleburan menjadi partikel dengan ukuran yang lebih besar yang disertai dengan peningkatan stabilisasi termodinamika partikel.
3. Tahap terminasi, adalah tahap yang menentukan bentuk nanopartikel. Dalam tahap ini nanopartikel akan memperoleh konformasi yang paling berenergi. Tahap ini dipengaruhi oleh kemampuan ekstrak biologis untuk menstabilkan nanopartikel logam.

## 2.5. Polietilen Glikol (PEG)

Polietilen glikol (PEG) merupakan salah satu jenis bahan pembawa yang sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam suatu formulasi untuk meningkatkan pelarutan obat yang sukar larut. Bahan ini merupakan salah satu jenis polimer yang dapat membentuk kompleks polimer pada molekul organik apabila ditambahkan dalam formulasi untuk meningkatkan kecepatan pelarutan yang dapat membentuk kompleks.

Polietilen glikol (PEG) disebut juga makrogol, merupakan polimer sintetik dari oksietilen dengan rumus struktur  $H(OCH_2CH_2)_nOH$ , dimana  $n$  adalah jumlah rata-rata gugus oksietilen. PEG umumnya memiliki bobot molekul antara 200 – 300.000. Penamaan PEG umumnya ditentukan dengan bilangan yang menunjukkan bobot molekul rata-rata. Konsistensinya sangat dipengaruhi oleh bobot molekul. PEG dengan bobot molekul 200 – 600 (PEG 200 – 600) berbentuk cair, PEG 1500 semi padat, dan PEG 3000 – 20.000 atau lebih berupa padatan semi kristalin, dan PEG dengan bobot molekul lebih besar dari 100.000 berbentuk seperti resin pada suhu kamar. Umumnya PEG dengan bobot molekul 1500 – 20.000 yang digunakan untuk pembuatan dispersi padat (Leuner & Dressman, 2000). Kebanyakan PEG yang digunakan memiliki bobot molekul antara 4000 dan 20.000, khususnya PEG 4000 dan 6000. Proses pembuatan dispersi padat dengan PEG 4000, umumnya menggunakan metode peleburan, karena lebih mudah dan murah (Leuneur & Dressman, 2000).



Gambar 4. Struktur Senyawa Polietilen Glikol

Polietilen glikol (PEG) dengan massa molekul 4000 untuk mengontrol ukuran partikel, sehingga nanopartikel yang dihasilkan memiliki ukuran kurang dari 100 nm. Agar tidak terjadi aglomerasi pada partikel Ag, maka digunakan PEG 4000. Disamping itu, PEG 4000 juga dapat digunakan untuk mengontrol pertumbuhan kristal (Yanti & Astuti, 2018). PEG 4000 memiliki

sifat yang stabil, mudah bercampur dengan komponen lain, tidak beracun, dan tidak iritatif. Sintesis nanopartikel Ag dengan menggunakan metode reduksi melibatkan senyawa lain, pada penelitian ini digunakan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ). Perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) merupakan senyawa organik yang bisa menjadi prekursor serbaguna untuk banyak senyawa perak lainnya. Hal ini disebabkan karena senyawa ini relatif stabil terhadap cahaya, sehingga bisa larut dalam banyak pelarut, termasuk air (Yanti & Astuti, 2018).

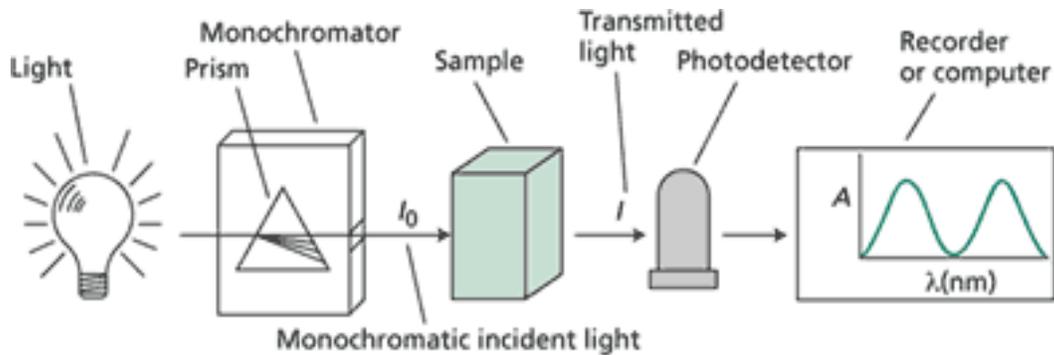
## **2.6. Karakterisasi Nanopartikel**

### **2.6.1. Spektrofotometer UV-Vis**

Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmittan atau absorban suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Metode yang digunakan sering disebut dengan spektrofotometri. Spektrofotometer adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang (Khopkar, 2003).

Spektroskopi UV-Vis adalah teknik analisis spektroskopi yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dan sinar tampak. Prinsip dari spektrofotometer UV-Vis adalah penyerapan sinar tampak untuk *ultraviolet* dengan suatu molekul dapat menyebabkan terjadinya eksitasi molekul dari tingkat energi dasar (*ground state*) ke tingkat energi yang paling tinggi (*excited stated*). Pengabsorbsian sinar *ultraviolet* atau sinar tampak oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi elektron bonding, akibatnya panjang absorpsi maksimum dapat dikolerasikan dengan jenis ikatan yang ada di dalam molekul. Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan untuk mengukur serapan cahaya pada daerah UV dengan panjang gelombang 100-400 nm dan daerah sinar tampak (400- 750 nm) (Day & Underwood, 2002).

Kerja alat ini adalah sebagai berikut: suatu radiasi dikenakan secara bergantian atau simultan melalui sampel dan blanko yang dapat berupa pelarut atau udara. Sinar yang ditransmisikan oleh sampel dan blanko kemudian diteruskan ke detektor, sehingga perbedaan intensitas ini diantara kedua berkas sinar ini dapat memberikan gambaran tentang fraksi radiasi yang diserap oleh sampel. Detektor alat ini mampu untuk mengubah informasi radiasi ini menjadi sinyal listrik yang diamplifikasikan akan dapat menggerakkan pena pencatat diatas grafik khusus alat ini (Underwood, 2001).



Gambar 5. Skema Spektroskopi UV-Vis

Menurut Sitorus (2009), komponen-komponen peralatan spektrofotometer UV-Vis dijelaskan secara garis besar sebagai berikut:

a) Sumber cahaya

Sebagai sumber radiasi UV digunakan lampu Hidrogen (H) atau lampu Deuterium (D). Sedangkan sumber radiasi tampak yang juga menghasilkan sinar Infra Merah (IR) dekat menggunakan lampu filament tungsten yang dapat menghasilkan tenaga radiasi 350-3500 nm.

b) Monokromator

Radiasi yang diperoleh dari berbagai sumber radiasi adalah sinar polikromatis (banyak panjang gelombang). Monokromator berfungsi untuk mengurai sinar tersebut menjadi monokromatis sesuai yang diinginkan. Monokromator terbuat dari bahan optik yang berbentuk prisma. Ada 2 macam monokromator yaitu: prisma dan grating (kisi difraksi). Cahaya monokromatis dapat dipilih panjang gelombang tertentu yang sesuai untuk kemudian dilewatkan melalui celah sempit yang disebut slit. Ketelitian dari monokromator dipengaruhi juga oleh lebar celah (*slit width*) yang dipakai.

c) Tempat sampel

Dalam bahasa sehari-hari tempat sampel (sel penyerap) dikenal dengan istilah kuvet. Kuvet ada yang berbentuk tabung (silinder) tapi ada juga yang berbentuk kotak. Syarat bahan yang dapat dijadikan kuvet adalah tidak menyerap sinar yang dilewatkan sebagai sumber radiasi dan tidak bereaksi dengan sampel dan pelarut. Kuvet biasanya berbentuk persegi panjang dengan lebar 1 cm. Kuvet harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Tidak berwarna sehingga dapat mentransmisikan semua cahaya.
2. Permukaannya secara optis harus benar-benar sejajar.

3. Harus tahan (tidak bereaksi) terhadap bahan-bahan kimia dan tidak rapuh.
4. Mempunyai bentuk (design) yang sederhana.

d) Detektor

Detektor berfungsi untuk mengubah tenaga radiasi menjadi arus listrik atau peubah panas lainnya dan biasanya terintegrasi dengan pencatat (printer). Tenaga cahaya yang diubah menjadi tenaga listrik akan mencatat secara kuantitatif tenaga cahaya tersebut. Syarat-syarat sebuah detektor:

1. Kepekaan yang tinggi.
2. Perbandingan isyarat atau signal dengan bising tinggi.
3. Respon konstan pada berbagai panjang gelombang.
4. Waktu respon cepat dan signal minimum tanpa radiasi.
5. Signal listrik yang dihasilkan harus sebanding dengan tenaga radiasi.

### **2.6.2. *Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)***

*Energy Dispersive Spectrometry (EDS)* digunakan untuk menentukan komposisi kimia suatu bahan. EDS bekerja sebagai fitur yang terintegrasi dengan SEM dan tidak dapat bekerja tanpa SEM. Prinsip kerja dari EDS adalah menangkap dan mengolah sinyal fluoresensi sinar-X yang keluar apabila berkas elektron mengenai daerah tertentu pada bahan (spesimen). Interaksi antara elektron dengan atom pada sampel akan menghasilkan pelepasan elektron energi rendah, foton sinar-X, dan elektron auger, yang kesemuanya bisa digunakan untuk mengkarakterisasi material. Elektron sekunder adalah elektron yang dipancarkan dari permukaan kulit atom terluar yang dihasilkan dari interaksi berkas elektron jatuh dengan padatan sehingga mengakibatkan terjadinya loncatan elektron yang terikat lemah dari pita konduksi. Elektron auger adalah elektron dari kulit orbit terluar yang dikeluarkan dari atom ketika elektron tersebut menyerap energi yang dilepaskan oleh elektron lain yang jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah. Apabila berkas elektron mengenai sampel padat, maka sebagian berkas yang jatuh tersebut akan dihamburkan kembali dan sebagian lagi akan menembus sampel. Untuk sampel yang tipis maka sebagian besar elektron akan diteruskan, beberapa elektron akan dihamburkan secara elastis tanpa kehilangan energi dan sebagian lagi akan dihamburkan secara tak elastis. Teknik ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengamati unsur-unsur pada daerah kecil permukaan bahan secara kualitatif dan semi kuantitatif. Hal ini karena masing-masing unsur menyebar pada panjang gelombang spesifik

(Wardianto, 2020).

Sinar-X tersebut dapat dideteksi dengan detektor zat padat, yang dapat menghasilkan pulsa intensitas sebanding dengan panjang gelombang sinar-X. *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) dapat digunakan untuk mengetahui komposisi unsur dari suatu sampel. Ketika sebuah sampel difoto oleh SEM, sinar electron juga di emisikan oleh sinar X yang dibawa oleh EDS. Emisi sinar X yang unsur khas dalam energi dan panjang gelombangnya (Anshori, 2009).

### 2.6.3. *Particle Size Analyzer (PSA)*

Karakterisasi menggunakan PSA digunakan untuk menentukan ukuran rata-rata nanopartikel. *Particle size analyzer* (PSA) menggunakan metode *Dynamic Light Scattering* (DLS) yang memanfaatkan hamburan inframerah. Hamburan inframerah ditembakkan oleh alat ke sampel sehingga sampel akan bereaksi menghasilkan gerak Brown (gerak acak dari partikel yang sangat kecil dalam cairan akibat dari benturan dengan molekul-molekul yang ada dalam zat cair). Gerak inilah yang kemudian di analisis oleh alat, semakin kecil ukuran molekul maka akan semakin cepat gerakannya. Metode DLS sangat ideal untuk menentukan partikel berukuran nanometer dan biomaterial. Kisaran ukuran partikel yang dapat dianalisis dengan metode ini antara 0,1 nm-10  $\mu$ m. Distribusi ukuran partikel dianalisis dan diolah menggunakan statistik distribusi. Parameter yang digunakan adalah *mean* (ukuran rata-rata), *median* (nilai tengah) dan *modus* (ukuran dengan frekuensi tertinggi). Ukuran rata-rata (*mean*) pada statistik distribusi yang biasa digunakan meliputi rata-rata jumlah panjang D[1,0], rata-rata momen luas permukaan D[3,2], dan rata-rata momen volume D[4,3]. D[4,3] sangat sensitif terhadap kehadiran partikulat besar pada distribusi ukuran (Malvern Instrumen Limited, 2012).

Namun dengan perkembangan ilmu pengetahuan yang mengarah ke era nanoteknologi, para peneliti mulai menggunakan metode *laser diffraction* (LAS). Metode ini dinilai lebih akurat dibandingkan dengan metode analisis gambar maupun metode ayakan (*Sieve analyses*), terutama untuk sampel-sampel dalam ukuran nanometer maupun submikron. Metode ini menjadi prinsip dalam instrument *Particle Size Analyzer* (PSA). Prinsip dari *laser diffraction* (LAS) yaitu ketika partikel-partikel melewati berkas sinar laser dan cahaya dihamburkan oleh partikel-partikel tersebut dikumpulkan melebihi rentang sudut yang berhadapan langsung. Distribusi dari intensitas yang dihamburkan ini yang akan dianalisis oleh komputer sebagai hasil distribusi ukuran partikel (Lusi, 2011).

Keunggulan penggunaan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran partikel adalah: (a) Lebih akurat dan mudah digunakan, pengukuran partikel dengan alat lain seperti TEM maupun SEM. Hal ini dikarenakan partikel dari sampel yang akan diuji didispersikan ke dalam sebuah media sehingga ukuran partikel yang terukur merupakan ukuran partikel tunggal, (b) Hasil pengukuran dalam bentuk distribusi, sehingga dapat menggambarkan keseluruhan kondisi sampel, dalam artian penyebaran ukuran rata-rata partikel dalam suatu sampel dan (c) mengukur berkisar dari 0,02 nm sampai 2000 nm (Rusli, 2011).

Penentuan ukuran partikel menggunakan PSA dapat dilakukan dengan (1) difraksi sinar laser untuk partikel dari ukuran submikro sampai dengan milimeter, (2) counter principle untuk mengukur dan menghitung partikel yang berukuran mikron sampai dengan milimeter, dan (3) penghamburan sinar untuk mengukur partikel yang berukuran mikron sampai dengan nanometer (Etzler & Deanne, 1997).

## **2.7. Kolometri**

Kolorimetri merupakan metode deteksi analit (sensor) yang bersifat visibel atau tampak dan dapat diamati langsung secara visual. Sensor kolorimetri dapat dirancang menggunakan instrumentasi yang sederhana sehingga deteksi di lapangan secara langsung dapat dilakukan. Salah satu sensor kolorimetri yang banyak dikembangkan adalah sensor kolorimetri berbasis nanopartikel perak (Ag). Prinsip metode kolorimetri berbasis nanopartikel Ag adalah proses agregasi nanopartikel Ag yang disebabkan oleh analit yang mengganggu interaksi dipol-ion nanopartikel Ag. Agregasi ini menyebabkan interaksi bidang menuntun terjadinya pergeseran LSPR (*Localized Surface Plasmon Resonance*). Ketika teragregasi LSPR akan bergeser ke panjang gelombang yang lebih panjang dan melebar. Oleh karena itu metode kolorimetri dipilih sebagai metode pendeteksi analit seperti molekul kecil DNA, protein, ion logam toksik serta polutan (Li dan Bian, 2009). Spektrum serapan sinar UV-Vis memiliki urgensi dalam menjelaskan terbentuknya nanopartikel perak. Larutan koloid nanopartikel perak memberikan puncak absorpsi pada panjang gelombang di sekitar 400 nm yang menunjukkan puncak serapan permukaan plasmon khas nanopartikel perak (Firdhouse *et al.*, 2015).

## 2.8. Kimia Logam

Logam merupakan bahan pertama dikenal oleh manusia dan digunakan sebagai alat-alat yang berperanan penting dalam sejarah peradaban manusia. Logam mula-mula diambil dari pertambangan di bawah tanah (kerak bumi), yang kemudian dicairkan dan dimurnikan dalam pabrik menjadi logam-logam murni. Logam kemudian dibentuk sesuai dengan keinginan misalnya, sebagai perhiasan emas, perak dan peralatan pertanian (Darmono, 1995).

### 2.8.1. Merkuri (Hg)

Logam merkuri atau air raksa mempunyai nama *hydragyrum* yang berteriak perak cair. Logam merkuri merupakan salah satu logam transisi dengan golongan IIB dan memiliki nomor atom 80, memiliki bobot atom 200,59 g/mol dan satu-satunya logam yang berbentuk cair. Merkuri merupakan elemen alami oleh karena itu sering mencemari lingkungan Darmono (2001) dalam Setyawan (2013). Merkuri dalam perairan dapat berasal dari buangan limbah industri, kelistrikan dan elektronik, baterai, pabrik bahan peledak, fotografi, pelapisan cermin, bahan pengawet, pestisida, industri kimia, petrokimia, limbah kegiatan laboratorium dan pembangkit tenaga listrik yang menggunakan bahan baku bakar fosil. Merkuri yang paling toksik adalah bentuk alkil merkuri yaitu metil dan etil merkuri yang paling banyak digunakan untuk mencegah timbulnya jamur alki, merkuri terakumulasi dalam hati dan ginjal yang dikeluarkan melalui cairan empedu (Suryadiputra, 1995).

### 2.8.2. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan persenyawaan kimia yang bersifat toksik dalam kehidupan makhluk hidup dan lingkungannya. Timbal dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia Darmono (2001) dalam Setyawan (2013). Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan sebutan nama timah hitam yang merupakan sesuatu hal yang merugikan dan berbahaya bagi lingkungan, terlebih lagi bagi kesehatan dan lingkungan. Timbal dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum, dan logam ini diberikan simbol Pb. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel priodik unsur kimia. Logam tersebut mempunyai nomor atom 82 dengan bobot atau berat atom 207,2 g/mol dengan kata lain timbal (Pb) disebut juga sebagai unsur logam berat. Logam ini mudah dimurnikan sehingga banyak digunakan oleh manusia pada berbagai kegiatan misalnya

pertambangan, industri dan rumah tangga. Pada pertambangan timbal berbentuk senyawa sulfida (PbS) (Reilly, 1991). Logam Pb bersifat toksik pada manusia dan dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Keracunan akut biasanya ditandai dengan rasa 20 terbakar pada mulut, adanya rangsangan pada sistem gastrointestinal yang disertai dengan diare. Sedangkan gejala kronis umumnya ditandai dengan mual, anemia, sakit di sekitar mulut, dan dapat menyebabkan kelumpuhan (Darmono, 2001). Fardiaz (1992) menambahkan, bahwa daya racun dari logam ini disebabkan terjadi penghambatan proses kerja enzim oleh ion-ion  $Pb^{2+}$ . Penghambatan tersebut menyebabkan terganggunya pembentukan hemoglobin darah. Hal ini disebabkan adanya bentuk ikatan yang kuat (ikatan kovalen) antara ion-ion  $Pb^{2+}$  dengan gugus sulfur didalam asam-asam amino.

### 2.8.3. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) merupakan unsur logam yang memiliki berat atom 54,93 g/mol, massa jenis 7,43 g/cm<sup>3</sup>, titik lebur 1247 °C, dengan nomor atom 25 serta berada pada periode 4 dan masuk dalam golongan VII B yang berarti mangan termasuk logam transisi. Logam ini berwarna kelabu-kemerahan, di alam umumnya ditemui dalam bentuk senyawa seperti pirolusit (MnO<sub>2</sub>) dan manganit (Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O). Mangan dalam air berbentuk mangan(II) bikarbonat (Mn(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), mangan(II) klorida (MnCl<sub>2</sub>) dan mangan(II) sulfat (MnSO<sub>4</sub>). Air yang mengandung mangan berlebih dapat menimbulkan rasa, warna (kuning kecoklatan/ungu/hitam) dan kekeruhan (Widowati *et al.* 2008). Pada umumnya senyawa mangan terdapat dalam tanah dan mudah larut dalam air terutama bila air bersifat asam. pH yang agak tinggi dan kondisi aerob terbentuk mangan yang tidak larut seperti MnO<sub>2</sub>, Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> atau MnCO<sub>3</sub> meskipun oksidasi dari mangan(II) berjalan relatif lambat (Achmad, 2004). Konsentrasi mangan di dalam sistem air alami umumnya kurang dari 0,1 mg/L. Mangan tidak bersifat toksik tetapi keberadaannya dapat mengendalikan kadar unsur toksik lainnya di perairan seperti logam berat (Effendi, 2003).

### 2.8.4. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) di alam ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral (Palar, 2012). Unsur ini termasuk ke dalam unsur logam golongan I B dengan nomor atom 29, berat atom 63,54 g/mol dan massa jenis 8,920 g/cm<sup>3</sup>. Pada lingkungan perairan, tembaga bisa berasal dari

peristiwa alamiah dan aktifitas yang dilakukan manusia (non alamiah). Tembaga secara alami dapat berasal dari peristiwa erosi, pengikisan batuan ataupun dari atmosfer yang dibawa turun oleh hujan. Sumber lain berasal dari aktivitas manusia seperti buangan rumah tangga dan kegiatan industri. Pada kondisi normal keberadaan tembaga di perairan ditemukan dalam bentuk ion  $\text{CuCO}_3^-$  dan  $\text{CuOH}^-$  (Adhani dan Husaini, 2017). Jumlah tembaga yang terlarut dalam badan perairan adalah sekitar 0,002 mg/L sampai 0,005 mg/L. Tembaga merupakan komponen dari enzim yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi untuk menghasilkan energi, anti oksidasi dan sintesa hormon adrenalin, serta untuk pembentukan jaringan ikat. Toksisitas tembaga akan bekerja bila telah masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang besar. Kelebihan tembaga akan mengakibatkan keracunan akut seperti mual, muntah, netrofisis, kejang, dan dapat berakibat kematian. Keracunan kronis, dimana tembaga menumpuk di hati dan menyebabkan hemolisis (Palar, 2012).

#### **2.8.5. Nikel (Ni)**

Nikel (Ni) merupakan logam berat yang mencemari air, tanah maupun air permukaan baik perairan laut maupun darat seperti sungai, danau dan waduk. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras (Palar, 2012).

#### **2.8.6. Bismut (Bi)**

Bismut adalah suatu unsur kimia yang memiliki lambang Bi dan nomor atom 83. Logam dengan kristal trivalen ini memiliki sifat kimia mirip dengan arsen dan antimoni. Dari semua jenis logam, unsur ini paling bersifat diamagnetik dan merupakan unsur kedua setelah raksa yang memiliki konduktivitas termal terendah. Senyawa bismut bebas timbal sering digunakan sebagai bahan kosmetik dan dalam bidang medis. Bismut (berasal dari bahasa latin bisemutum, dari bahasa Jerman Wismuth) Pada awalnya membingungkan dengan timah dan timbal dimana bismut mempunyai kemiripan dengan elemen itu. Basilius akhirnya menjelaskan sebagian sifatnya di tahun 1450. Claude Francois Geoffroy menunjukkan di tahun 1753 bahwa logam ini berbeda dengan timbal. Di dalam kulit bumi, bismut kira-kira dua kali lebih berlimpah dari pada emas. Biasanya tidak ekonomis bila menjadikannya sebagai tambang utama. Melainkan biasanya

diproduksi sebagai sampingan pemrosesan biji logam lainnya misalnya timbal, tungsten dan campuran logam lainnya (Syamsidar, 2013).

## **BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **3.1. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah mensintesis nanopartikel Ag menggunakan bioreduktor ekstrak daun Afrika termodifikasi PEG-6000 dan mendeteksi keberadaan ion-ion logam berat ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{2+}$ .) pada sampel air menggunakan ekstrak daun Afrika termodifikasi PEG-6000 yang telah mengandung nanopartikel Ag.

### **3.2. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi ilmiah tentang sintesis nanopartikel Ag termodifikasi PEG-4000 menggunakan ekstrak daun Afrika dan aplikasinya sebagai detektor ion-ion logam. Penelitian ini sangat mendukung Rencana Stragis Penelitian Unsrat karena masuk ke dalam bidang unggulan **Keanekaragaman Hayati, Kebencanaan, Lingkungan, Sumberdaya Air dan Perubahan Iklim**. Disamping itu, penelitian ini memberikan sumbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta dapat meningkatkan budaya meneliti di lingkungan perguruan tinggi (IPTEKS-SOSBUD). Keluaran riset ini akan di daftarkan di HAKI, khususnya Paten Sederhana, disampaikan pada seminar Nasional, Internasional dan akan dipublikasi ke dalam jurnal Internasional.

## **BAB 4. METODE PENELITIAN**

### **4.1. Prosedur Penelitian**

#### **4.1.2. *Preparasi Sampel***

Daun Afrika dipetik, dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan di dalam ruangan pada suhu  $\pm 30^{\circ}\text{C}$  selama 7 hari. Daun yang telah kering, diblender dan diayak dengan ayakan 65 mesh. Serbuk yang diperoleh kemudian disimpan dalam wadah yang kedap udara sebelum dilakukan analisis.

#### **4.1.3. *Ekstraksi Serbuk Daun Afrika***

Daun Afrika yang telah halus dimaserasi dengan cara: sebanyak 200 g daun Afrika halus direndam dalam etanol 96% sebanyak 1 L pada suatu toples kaca. Proses maserasi ini berlangsung selama 2 hari dan tiap 5 jam, larutan diaduk selama 30 menit. Setelah 2 hari, larutan disaring menggunakan kertas saring. Filtrat yang diperoleh, dievaporasi pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$  lalu dikeringkan dalam oven pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Ekstrak pekat yang diperoleh, ditimbang dan disimpan untuk digunakan sebagai agen pereduksi untuk sintesis nanopartikel Ag dari sumber prekursoranya,  $\text{AgNO}_3$ .

#### **4.1.4. *Pembuatan Larutan Polietilen Glikol (PEG-6000)***

Larutan stok PEG-6000 100 ppm dibuat dengan cara menimbang 0,01 g PEG-6000 dan dilarutkan dalam aquades 100 ml, kemudian dihomogenkan menggunakan stirer. Untuk membuat larutan 5 mg/L (5 ppm) PEG-6000 maka dilakukan pengenceran dengan mengambil sebanyak 50 ml dari larutan stok, 10 mg/L (10 ppm) diambil sebanyak 100 ml dari larutan stok, dan 15 mg/L (15 ppm) diambil sebanyak 150 ml dari larutan stok. Untuk membedakan konsentrasi PEG-6000 yang digunakan maka diberi kode A, B, dan C masing-masing untuk konsentrasi 5 ppm, 10 ppm dan 15 ppm.

#### **4.1.5. *Sintesis Nanopartikel Perak (Ag)***

Ekstrak daun Afrika dicampurkan dengan larutan  $\text{AgNO}_3$  1 mM dan penambahan PEG-6000 dengan variasi perbandingan  $\text{AgNO}_3$ , ekstrak daun Afrika, dan PEG-6000 seperti yang tersaji pada Tabel 2. Perbandingan jumlah larutan yang digunakan berlaku untuk semua konsentrasi PEG-

6000, yaitu A, B dan C.

Tabel 2. Variasi Perbandingan Sintesis Nanopartikel Ag

Larutan AgNO <sub>3</sub> (mL)	Ekstrak Daun Afrika (g)	PEG-6000 (mL)
5 mL	0,01 g	2 mL
10 mL	0,01 g	2 mL
15 mL	0,01 g	2 mL
20 mL	0,01 g	2 mL
25 mL	0,01 g	2 mL

Masing-masing campuran larutan AgNO<sub>3</sub> dengan ekstrak daun Afrika dimasukkan ke dalam gelas beker kemudian ditutup dengan aluminium foil. Selanjutnya, larutan diaduk menggunakan magnet *stirer* dengan kecepatan 1500 rpm dan selama pengadukan, ditambahkan 2 mL larutan PEG-6000 A tetes demi tetes sambil terus dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 100°C selama 1 jam. Dengan cara yang sama dilakukan juga untuk konsentrasi PEG-6000 10 dan 15 ppm dan juga untuk variasi volume AgNO<sub>3</sub>.

## 4.2. Karakterisasi Nanopartikel Perak (Ag)

### 4.2.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi nanopartikel Ag dengan spektrofotometer UV-Vis menggunakan metode Kumar *et al.* (2015). Setiap larutan yang dihasilkan pada penelitian ini dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 300-700 nm dengan waktu pengukuran (waktu kontak) selama dari awal pembuatan larutan (1; 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24 jam), hari ke-1, ke-2 sampai hari ke-7.

### 4.2.2. Karakterisasi Menggunakan Particle Size Analyser (PSA)

Sampel ekstrak daun Afrika yang telah mengandung nanopartikel Ag dipilih berdasarkan nilai absorbansi dan melalui validasi terhadap panjang gelombang maksimum pada saat pengukuran spektrofotometer UV-Vis. Apabila masuk dalam rentang 400-500 nm maka nanopartikel Ag dikarakterisasi menggunakan *Particle Size analyzer* (PSA) untuk mendapatkan

data ukuran partikel.

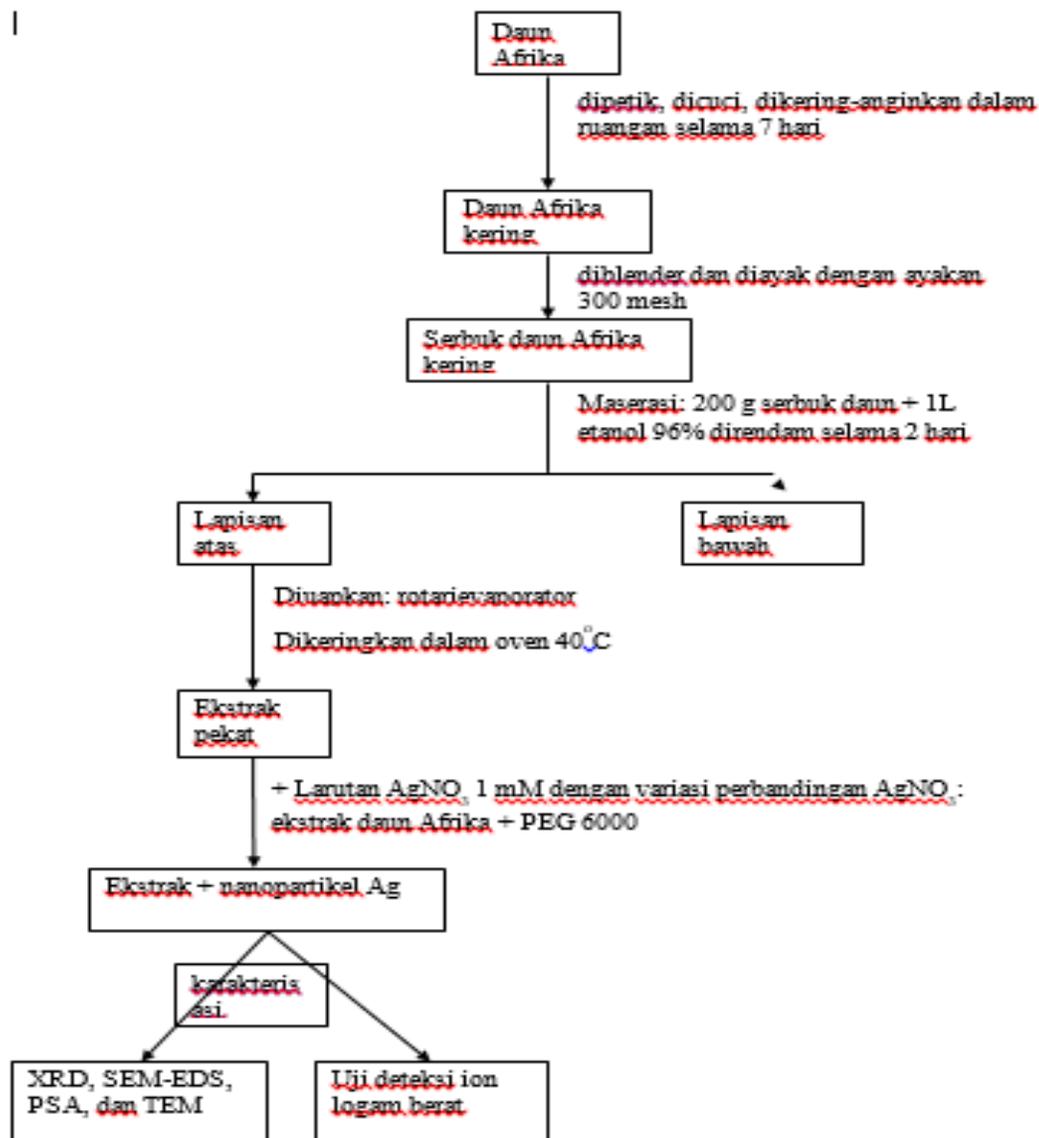
#### **4.2.3. Karakterisasi Menggunakan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)**

Karakterisasi nanopartikel Ag dengan EDS menggunakan metode Ansori (2009). Produk sintesis dikarakterisasi menggunakan EDS untuk mengetahui komposisi unsur Ag dari suatu sampel, dengan menggunakan alat SEM SU3500.

#### **4.2.4. Deteksi Ion-ion Logam dalam Sampel Air dengan Metode Kolorimetri**

Untuk mengetahui keberadaan ion-ion logam di dalam sampel air, digunakan ekstrak daun Afrika yang mengandung nanopartikel Ag dengan menggunakan massa ekstrak terpilih. Analit yang digunakan adalah ion-ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{2+}$ . Sebanyak 1 mL dari tiap larutan analit dengan konsentrasi 1000 ppm ditambahkan 2 mL ekstrak daun Afrika yang telah mengandung nanopartikel Ag. Selanjutnya, dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis dikisaran panjang gelombang 300-600 nm dan perubahan warna larutan yang terjadi diamati secara visual.

### 4.3. Bagan Penelitian



Gambar 6. Bagan Alur Tahapan Penelitian

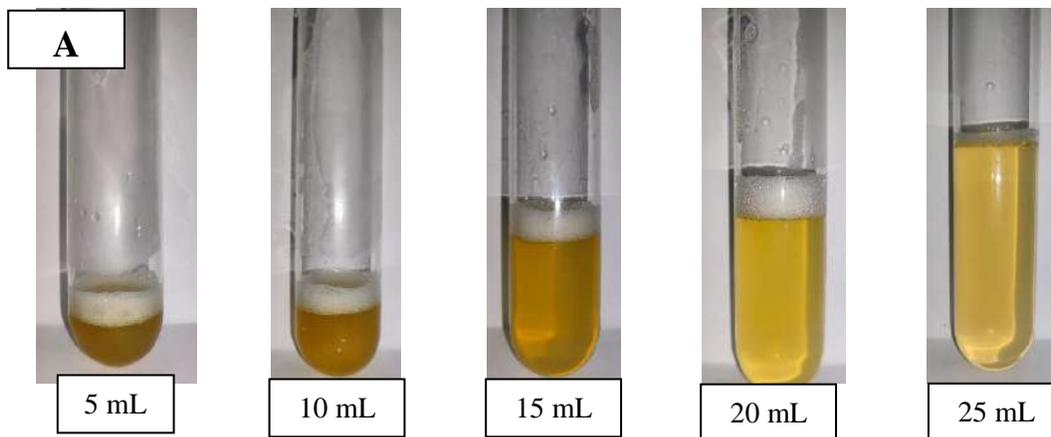
## BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

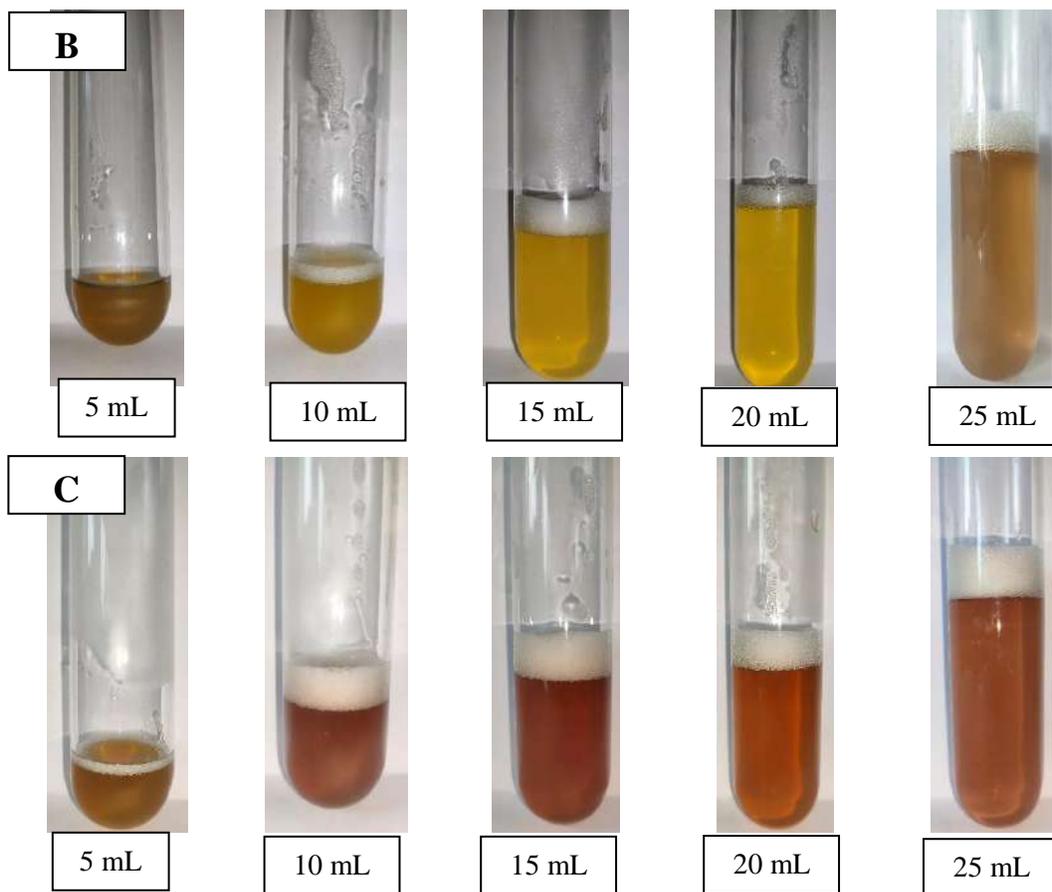
### 5.1. Rendemen Hasil Ekstraksi Serbuk Daun Afrika

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun Afrika yang telah dikeringanginkan. Proses pengeringan bertujuan untuk mencegah perubahan kimia, menghentikan reaksi enzimatik (penguraian bahan kimia) dan mengurangi kandungan air dari simplisia agar tidak mudah ditumbuhi jamur (Situmeang, 2016). Daun yang telah kering, kemudian diekstraksi secara maserasi menggunakan etanol 96%. Menurut Trifani (2012), etanol digunakan sebagai pelarut karena bersifat polar, universal, dan mudah didapat. Ekstrak kental yang diperoleh dari penelitian ini sebesar 32,0013 g sedangkan rendemen ekstrak daun afrika yang diperoleh adalah 16 %.

### 5.2. Sintesis Nanopartikel Perak (Ag)

Sintesis nanopartikel Ag menggunakan metode *green syntesis* yaitu dengan melarutkan 0,01 g ekstrak daun Afrika ke dalam masing-masing (5; 10; 15; 20 dan 25 mL) larutan  $\text{AgNO}_3$  1 mM. Masing-masing campuran larutan ditambahkan 2 mL PEG-6000 dengan konsentrasi (5; 10; dan 15 ppm). Untuk membedakan konsentrasi PEG-6000 dalam larutan, Setiap sampel menggunakan kode A (5 ppm), B (10 ppm) dan C (15 ppm). Kemudian masing-masing campuran larutan ini dimasukkan ke dalam gelas beker kemudian ditutup dengan aluminium foil yang selanjutnya dipanaskan pada suhu  $100^\circ\text{C}$  sambil distirrer dengan kecepatan 1500 rpm selama 1 jam. Adapun profil larutan hasil pemanasan dari masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 7.





Gambar 7. Larutan-larutan yang telah mengandung nanopartikel Ag dari ekstrak daun Afrika, variasi  $\text{AgNO}_3$  dan PEG-6000: (A) Penambahan PEG-400 (5 ppm); (B) Penambahan PEG-6000 (10 ppm) dan (C) Penambahan PEG-6000 (15 ppm).

Berdasarkan Gambar 7, menunjukkan bahwa tiap larutan menghasilkan warna yang berbeda. Dapat dilihat pada gambar (A, B dan C) terjadi perubahan warna dari kuning menjadi kecoklatan. Hal ini menandakan bahwa semakin tinggi penambahan konsentrasi PEG-6000, maka akan mempengaruhi warna larutan dan nanopartikel yang terbentuk. Pembentukan nano partikel Ag dari ion  $\text{Ag}^+$  berawal dari reaksi kimia dengan kehadiran dari senyawa-senyawa fotokimia (flavonoid, steroid, terpenoid, eugenol) yang terdapat pada daun Afrika sebagai reduktor dan agen penstabil. Terbentuknya nanopartikel perak secara visual ditandai dengan adanya perubahan warna larutan dari kuning menjadi kecoklatan (Prasetyaningtyas *et al.*, 2020). Perak nitrat dilarutkan kedalam air mengalami disosiasi menjadi ion perakpositif ( $\text{Ag}^+$ ) dan ion nitrat negatif ( $\text{NO}_3^-$ ).

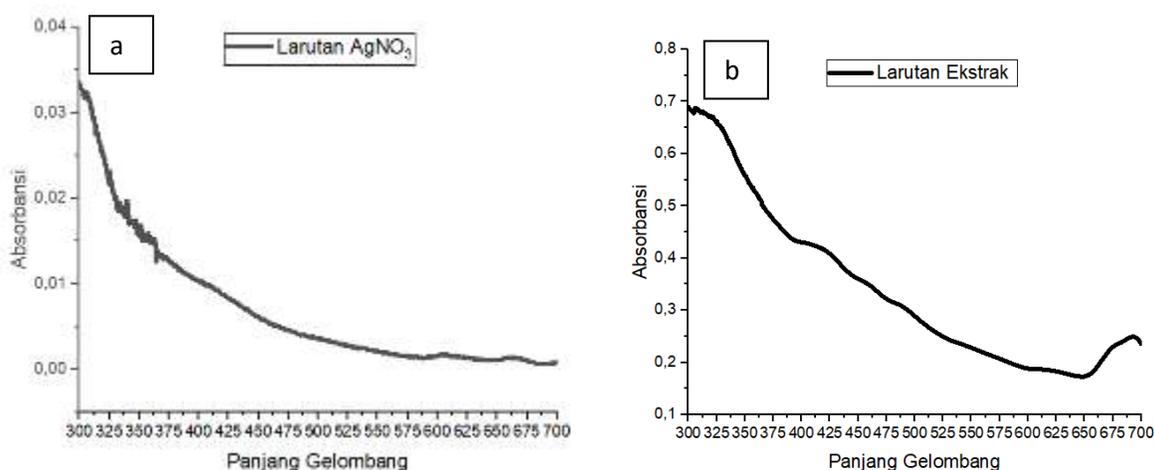
Untuk mengubah  $Ag^+$  menjadi  $Ag^0$  diperlukan proses reduksi dengan menerima elektron dari donor. Prasetyaningtyas *et al.* (2020), menyatakan bahwa komponen biomolekul seperti flavonoid, terpenoid, asam amino, alkaloid, senyawa fenolik dan bimolekul yang mengandung gugus fungsi aldehid dalam tanaman dapat berfungsi sebagai reduktor ion perak. Gugus fungsi dalam senyawa metabolit sekunder mendonorkan elektron ke ion  $Ag^+$  untuk menghasilkan  $Ag$  partikel-nano.

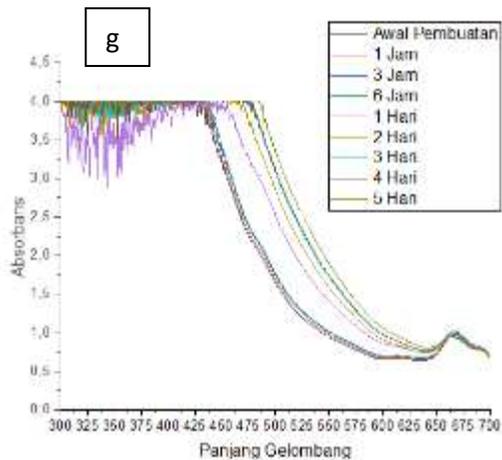
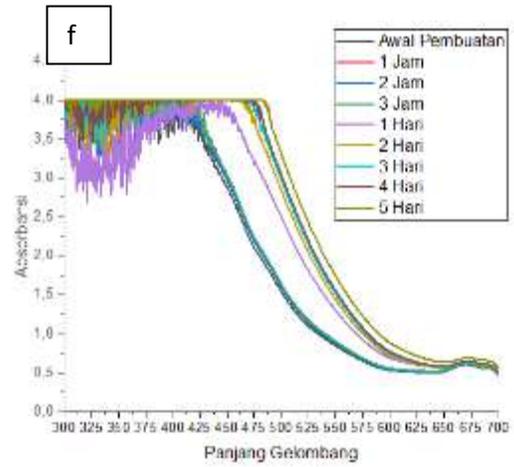
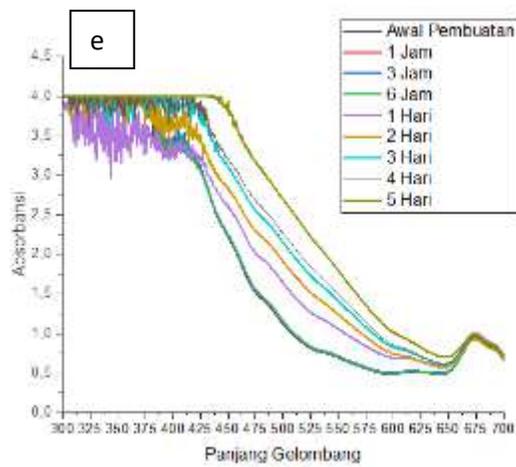
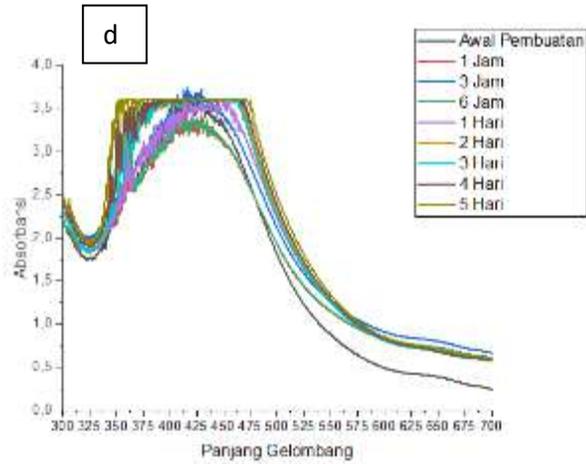
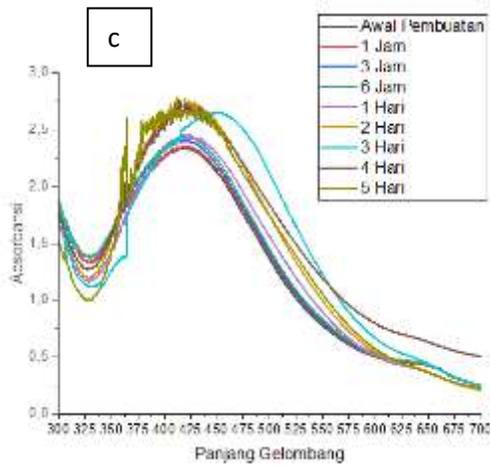
### 5.3. Karakterisasi Nanopartikel

#### 5.3.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Larutan-larutan ekstrak daun Afrika yang mengandung nanopartikel  $Ag$  termodifikasi PEG-6000, dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari nanopartikel  $Ag$  yang terbentuk berdasarkan spektrum puncak panjang gelombangnya. Karakterisasi nanopartikel  $Ag$  menggunakan spektrofotometer UV-Vis discan pada selang panjang gelombang 300-700 nm.

Hasil spektrum untuk variasi larutan  $AgNO_3$  (5; 10; 15; 20 dan 25 mL) dengan penambahan ekstrak daun Afrika dan variasi konsentrasi PEG-6000 (5 ppm, 10 ppm dan 15 ppm) dengan rentang waktu kontak dapat disajikan pada Gambar 8.

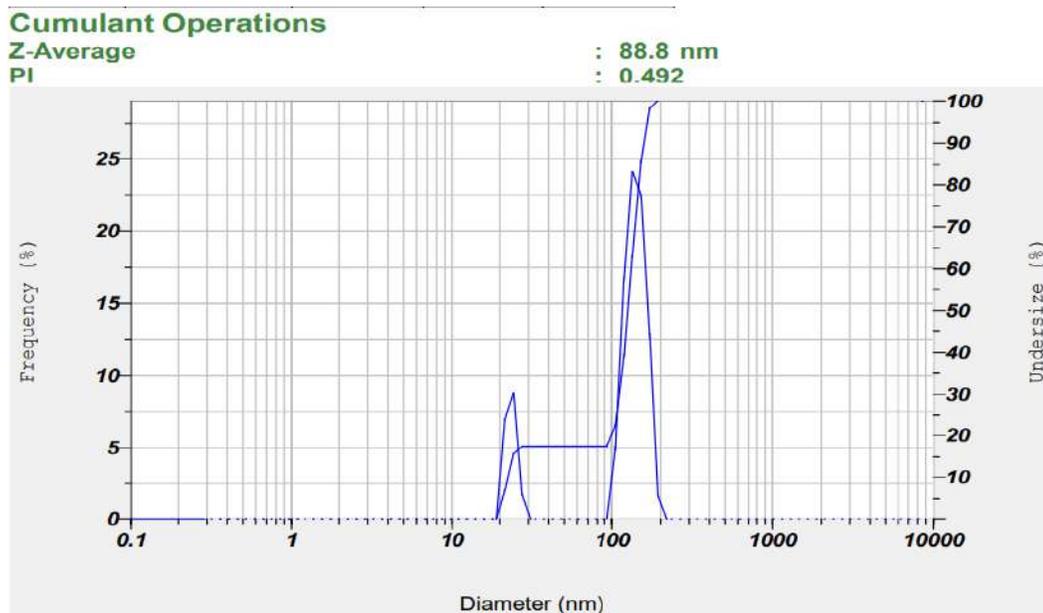




**Gambar 8.** Spektrum UV-Vis (a) Larutan  $\text{AgNO}_3$ , (b) Larutan ekstrak daun Afrika, (c) larutan  $\text{AgNO}_3$  dan 0,01 g ekstrak daun Afrika, (d) larutan  $\text{AgNO}_3$  dan 0,02 g ekstrak daun Afrika, (e) larutan  $\text{AgNO}_3$  dan 0,03 g ekstrak daun Afrika, (f) larutan  $\text{AgNO}_3$  dan 0,04 g ekstrak daun Afrika dan (g) larutan  $\text{AgNO}_3$  dan 0,05 g ekstrak daun Afrika.

Hasil analisis pada spektrum UV-Vis menunjukkan bahwa seiring dengan perubahan warna yang terjadi pada setiap larutan, setiap larutan memiliki puncak absorbansi pada awal pembutan sampai hari ke-5 seperti pada Gambar 8. Informasi ini menunjukkan bahwa larutan  $\text{AgNO}_3$  telah tereduksi oleh ekstrak daun Afrika sehingga terbentuk nanopartikel Ag.

Gambar di atas menunjukkan bahwa semakin banyak massa ekstrak daun yang ditambahkan maka puncak absorbansi semakin tinggi. Demikian pula semakin lama waktu kontak maka puncak absorbansinya semakin tinggi. Bahkan, puncak absorbansinya sudah tidak jelas lagi terlihat karena larutan ekstrak sudah semakin pekat. Namun demikian, dari hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa puncak absorbansi terdapat pada rentang panjang gelombang 400-500 nm yang terlihat jelas pada Gambar 6c dan 6d. Selain itu, spektrum UV-Vis juga menunjukkan adanya daerah pada rentang panjang gelombang 620-675 nm yang merupakan klorofil (Arifah *et al.*, 2019).



Gambar 9. Hasil PSA Nanopartikel Ag dengan Penambahan PEG-6000 (10 ppm).

### 5.3.2. Karakterisasi Menggunakan Particle Size Analyser (PSA)

Untuk mengetahui ukuran nanopartikel Ag hasil sintesis maka campuran larutan  $\text{AgNO}_3$  + PEG-6000 dikarakterisasi dengan *particle size analyser* (PSA). Larutan yang digunakan adalah larutan  $\text{AgNO}_3$  20 mL termodifikasi PEG-6000 10 ppm. Teknik tersebut dinilai lebih akurat jika

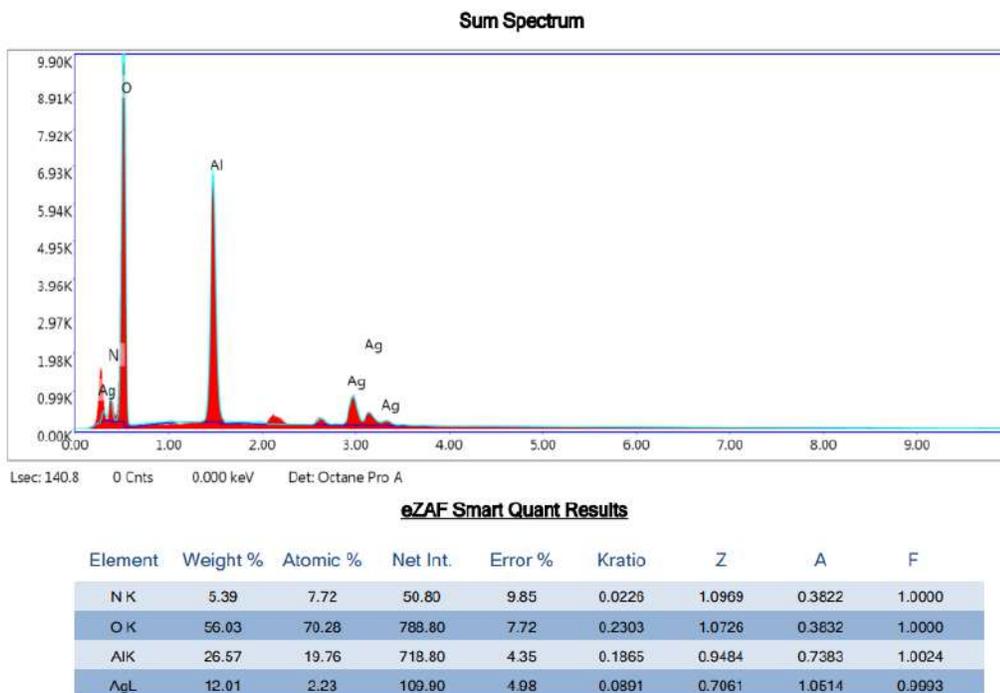
dibandingkan dengan metode analisa gambar (mikrografi) dengan menggunakan SEM dan TEM terutama untuk sampel-sampel dalam ukuran nanometer dan submikron yang biasanya memiliki kecenderungan aglomerasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan pada PSA partikel didispersikan ke dalam media cair (biasanya pelarut organik yang mudah menguap) sehingga partikel tidak saling beraglomerasi. Dengan demikian ukuran partikel yang terukur diharapkan adalah ukuran dari *single particle* (Rawle, 2010). Adapun data hasil PSA tersaji pada Gambar 9.

Berdasarkan Gambar 9, dapat dilihat bahwa ukuran partikel dari nanopartikel Ag dengan penambahan PEG-6000 (10 ppm) sebesar 88,8 nm. Selain itu nilai PI (*Polidispersitas Index*) dari nanopartikel Ag sebesar 0,492 sehingga sampel memiliki sifat polidispersi dan memiliki distribusi ukuran yang luas. Semakin kecil nilai PI menunjukkan distribusi ukuran nanopartikel semakin sempit, yang berarti ukuran diameter nanopartikel semakin homogen (monodispersitas) (Yuan *et al.*, 2008). Rentang PI berada di antara 0 sampai dengan 1. Nilai PI mendekati 0 menunjukkan dispersi yang homogen, sedangkan PI dengan nilai lebih dari 0,5 menunjukkan heterogenitas yang tinggi (Avadi *et al.*, 2010). Informasi ini menunjukkan bahwa efek penambahan PEG-6000 relatif kurang efektif dalam mengurangi ukuran nanopartikel Ag, seperti yang telah dilaporkan oleh peneliti sebelumnya, dimana nanopartikel Ag yang diperoleh sebesar 63,7 nm (Tuuk, 2022). Namun demikian, ukuran nanopartikel Ag yang dihasilkan masih dibawah 100 nm.

Menurut Haryono *et al.* (2008) dan Kumar *et al.* (2015), proses pembentukan nanopartikel Ag diawali dengan berinteraksinya ion-ion  $Ag^+$  dengan gugus  $-OH$  dari senyawa-senyawa metabolit sekunder. Selanjutnya mengalami oksidasi membentuk gugus  $-CHO$  dan  $-COOH$  yang selanjutnya mereduksi ion  $Ag^+$  menjadi nanopartikel Ag. Gugus  $-COOH$  inilah yang membantu dalam menstabilkan nanopartikel Ag untuk tidak terjadinya aglomerasi, seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 9 di atas.

### **5.3.3. Karakterisasi Menggunakan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)**

Seperti yang telah dijelaskan dari hasil analisis dengan PSA bahwa produk yang dihasilkan dalam mereduksi prekursor  $AgNO_3$  menghasilkan data bahwa partikel-partikel yang terbentuk berukuran nano yaitu sebesar 88.8 nm. Selanjutnya nanopartikel Ag dikarakterisasi menggunakan EDS untuk memastikan bahwa partikel yang terbentuk adalah nanopartikel Ag. Hasil Analisis EDS dapat disajikan pada Gambar 10.



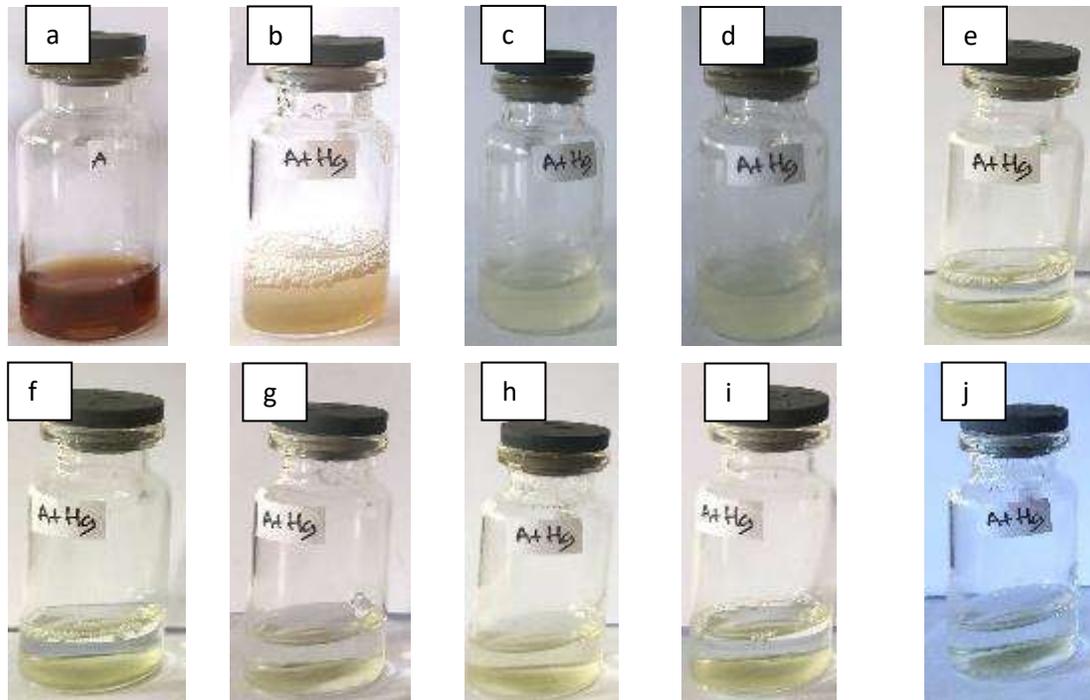
Gambar 10. Spektrum EDS Produk Hasil Penelitian (Nanopartikel Ag)

Berdasarkan data EDS, produk sintesis mengandung unsur Ag (12,01%). Data ini menunjukkan bahwa prekursor  $\text{AgNO}_3$  telah berhasil tereduksi menjadi partikel-partikel Ag. Selain itu, ternyata ada unsur lain yang terdeteksi saat karakterisasi EDS. Unsur tersebut adalah Al dengan kandungan sebesar 26,56%, padahal senyawa reaktan yang mengandung unsur ini tidak digunakan dalam proses penelitian. Unsur Al ini diduga muncul karena unsur tersebut terikut pada saat preparasi sampel menggunakan *aluminium foil*.

#### 5.3.4. Deteksi Kolorimetri Ion-ion Logam

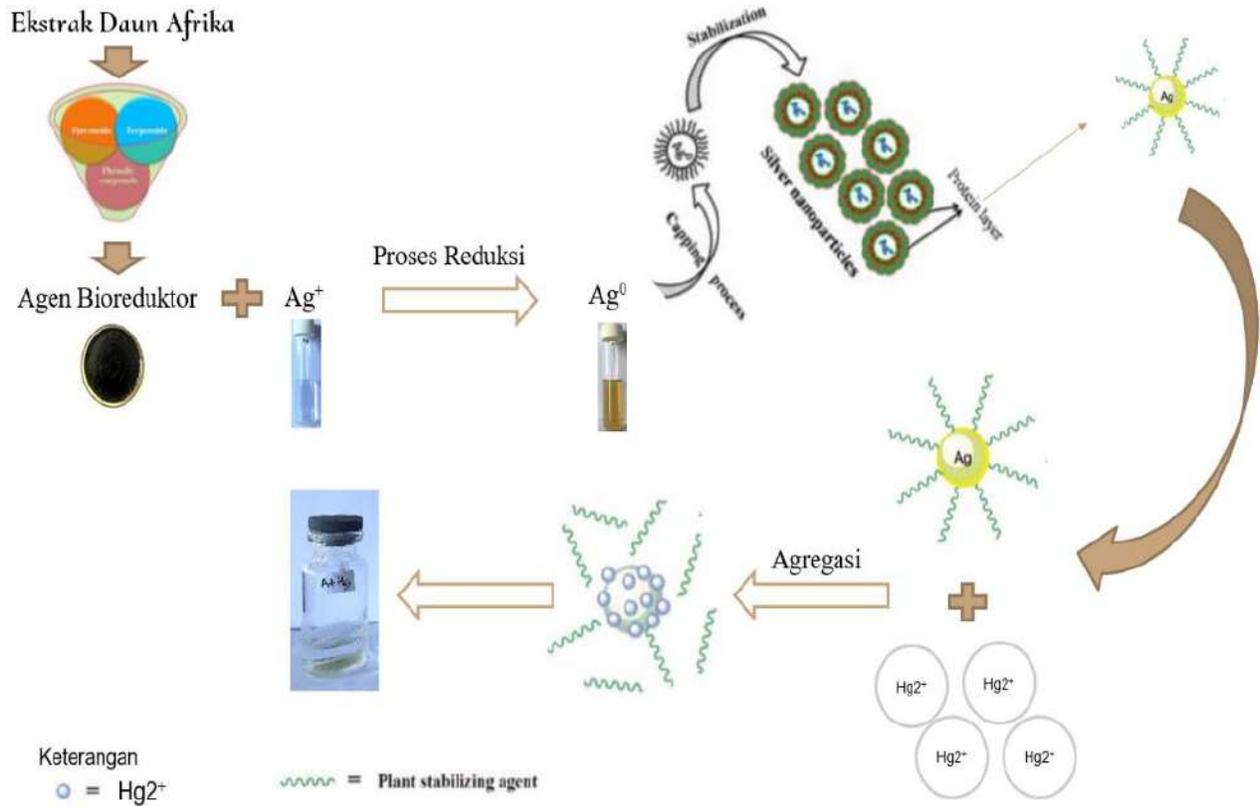
##### 5.3.4.1. Deteksi Kolorimetri Ion Iogam Merkuri (Hg) dengan menggunakan Larutan Nanopartikel Ag dengan Ekstrak Daun Afrika

Keberadaan ion logam  $\text{Hg}^{2+}$  di dalam larutan ekstrak daun Afrika yang telah mengandung nanopartikel Ag dapat dilihat pada Gambar 11. Perubahan warna telah terjadi setelah penambahan larutan analit  $\text{HgCl}_2$ .

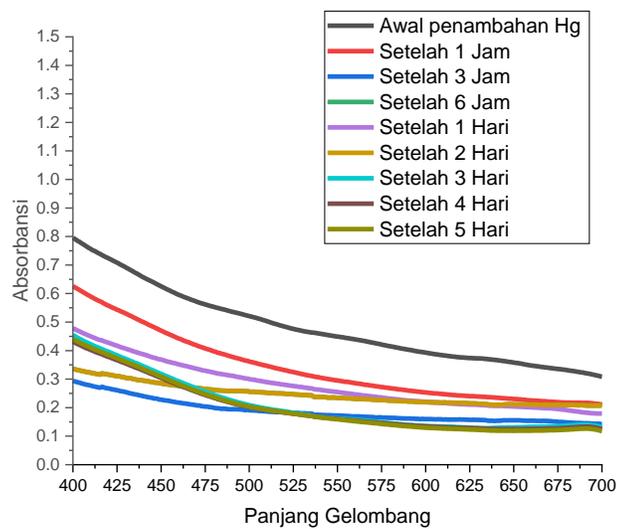


**Gambar 11.** Profil larutan: (a) sebelum penambahan analit Hg, (b) awal setelah penambahan analit Hg, (c) 1 jam setelah penambahan analit Hg, (d) 3 jam setelah penambahan analit Hg (e) 6 jam setelah penambahan analit, Hg (f) 1 hari setelah penambahan analit Hg, (g) 2 hari setelah penambahan analit Hg, (h) 3 hari setelah penamabahan analit Hg, (i) 4 hari setelah penambahan analit Hg dan (j) 5 hari setelah penambahan analit Hg.

Tampak bahwa perubahan warna yang terjadi sangat terlihat jelas pada awal penambahan analit. Pada awalnya, larutan berwarna coklat dan setelah ditambahkan analit, larutan menjadi coklat keruh. Setelah dibiarkan selama 1 jam (Gambar 11c) hingga hari ke-5 (Gambar 11j) larutan berubah warna menjadi bening. Perubahan warna larutan menjadi bening disebabkan karena nanopartikel Ag berinteraksi dengan ion-ion  $\text{Hg}^{2+}$  membentuk agregat-agregat. Seiring waktu, agregat ini menyelimuti permukaan nanopartikel Ag sehingga intensitas serapan warna semakin dan tidak memiliki puncak absorbansi lagi (Alzahrani, 2020). Adapun mekanisme deteksi ion-ion logam tersaji pada Gambar 12 dan spektrum larutan ekstrak daun Afrika yang mengandung nanopartikel Ag dan analit tersaji pada Gambar 13.



**Gambar 12.** Mekanisme deteksi ion logam menggunakan ekstrak daun Afrika yang mengandung nanopartikel perak (Ag) (Ajitha *et al.*, 2015 dan Abdul *et al.*, 2015)



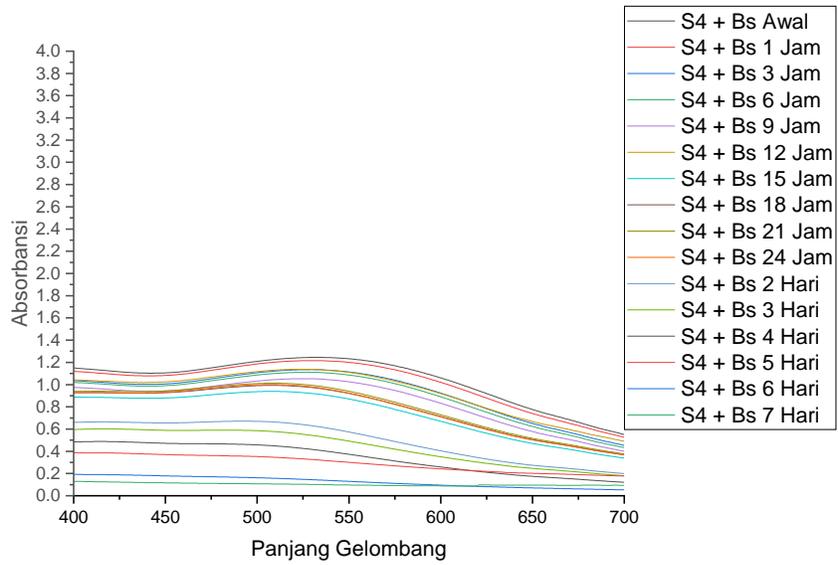
**Gambar 13.** Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Hg

Hasil analisis spektrofotometer UV-Vis (Gambar 13) setelah penambahan analit dapat dilihat seiring berjalannya waktu terjadi penurunan absorbansi panjang gelombang, tidak ada lagi puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 400-500 nm. Perubahan puncak absorbansi ini menunjukkan terjadinya agregasi nanopartikel Ag dengan ion-ion  $Hg^+$  sehingga menghasilkan panjang gelombang yang lebih besar (Xiong dan Haibing, 2008).

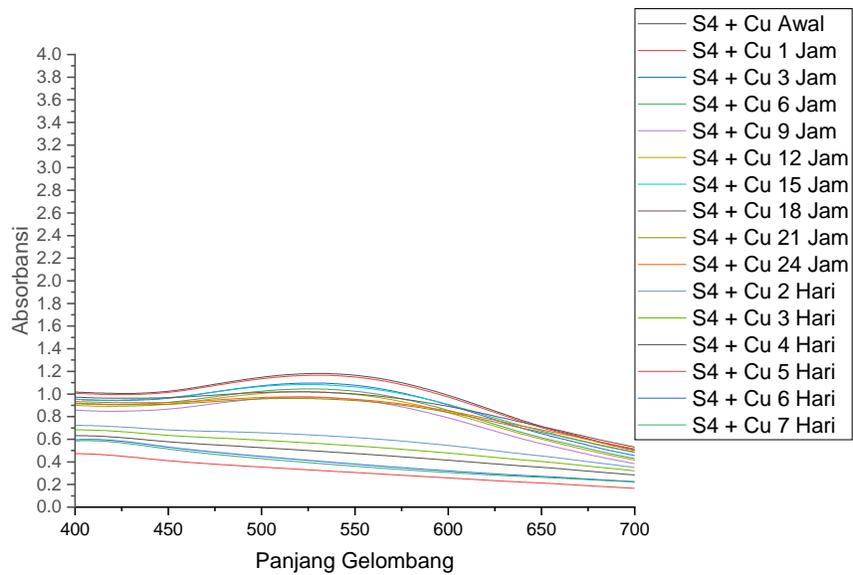
#### **5.3.4.2. Deteksi Kalorimetri Ion-ion Logam Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Nikel (Ni), Bismut (Bi) dengan menggunakan Larutan Ekstrak Daun Afrika yang Mengandung Nanopartikel Ag.**

Deteksi ion logam lain juga dilakukan terhadap larutan analit  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ , dan  $Bi^{2+}$ . Penambahan larutan analit-analit tersebut ke dalam ekstrak daun Afrika yang mengandung nanopartikel Ag juga menunjukkan perubahan warna larutan untuk semua analit. Pada umumnya, semua larutan ekstrak daun Afrika yang mengandung nanopartikel Ag dan telah ditambahkan analit ( $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ , dan  $Bi^{2+}$ ) memiliki warna yang relatif sama, mulai dari saat analit ditambahkan hingga larutan ini dibiarkan pada hari ke-5. Pada saat larutan analit ditambahkan, larutan masih berwarna coklat tua dan setelah dibiarkan hingga 1, 3, dan 6 jam, warna larutan menjadi coklat muda. Saat larutan ini dibiarkan lagi hingga hari ke-1, 2, 3, 4 dan 5, warna larutan relatif sama yaitu sedikit bening.

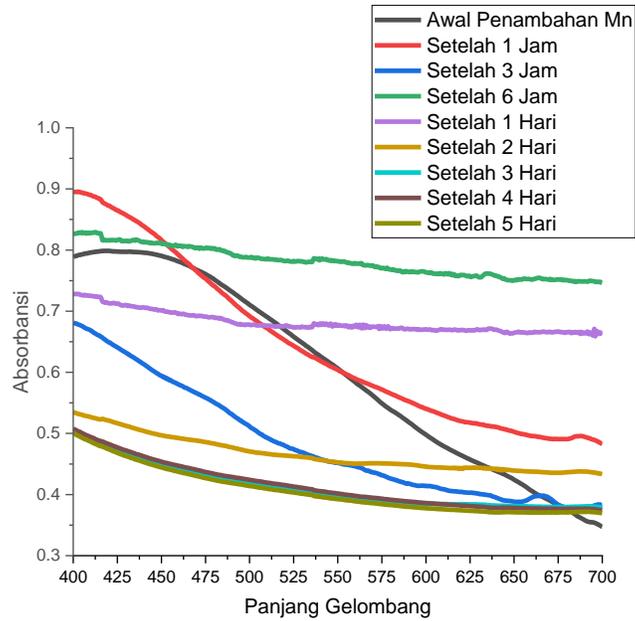
Larutan ekstrak daun Afrika yang mengandung nanopartikel Ag dan analit Mn dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis, seperti tampak pada Gambar 14. Gambar menunjukkan bahwa saat larutan analit dimasukkan ke dalam larutan ekstrak daun Afrika yang mengandung nanopartikel Ag, puncak absorbansi masih terlihat. Namun, setelah larutan ini dibiarkan hingga 1 jam, puncak absorbansi relatif sudah tidak terlihat lagi meskipun memiliki absorbansi yang relatif lebih tinggi dibanding saat larutan analit di tambahkan. Setelah larutan dibiarkan hingga 5 hari, puncak absorbansi sudah tidak terlihat lagi dan absorbansinya juga sudah turun. Profil spektrum dari analit Mn ini relatif sama dengan analit-analit lain. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa larutan nanopartikel Ag yang terkandung di dalam ekstrak daun Afrika dapat mendeteksi keberadaan ion-ion logam, khususnya ion logam  $Hg^{2+}$ .



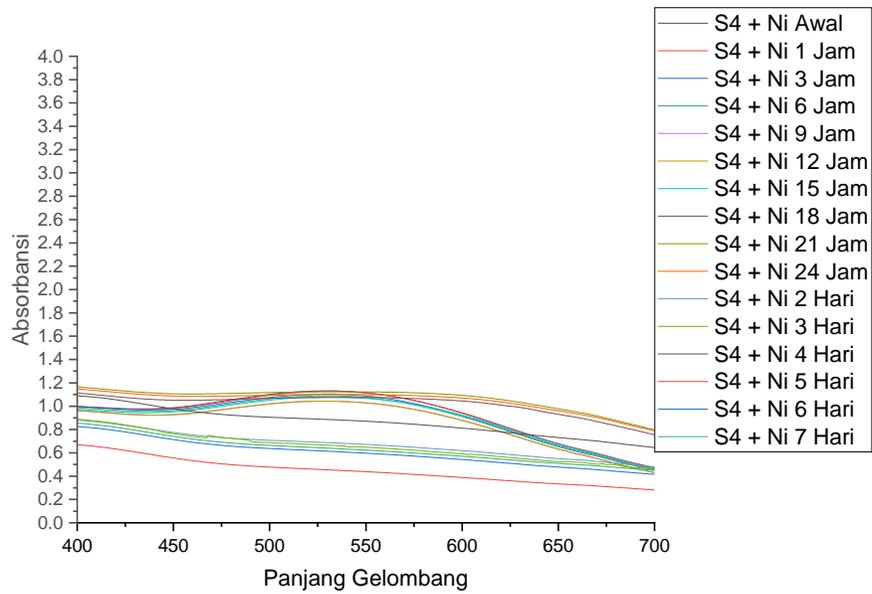
**Gambar 14.** Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Bi



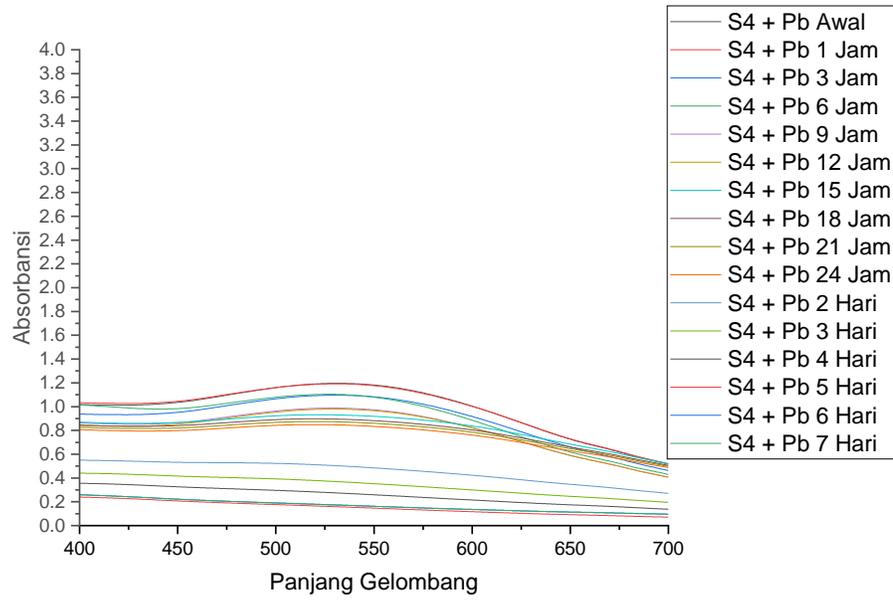
**Gambar 15.** Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Cu



**Gambar 16.** Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Mn



**Gambar 17.** Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Ni



**Gambar 18.** Spektrum UV-Vis setelah penambahan analit Pb

## **BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **6.1. Kesimpulan**

1. Nanopartikel Ag dapat disintesis dengan menggunakan ekstrak daun Afrika termodifikasi PEG-4000. Hal ini dilihat dari adanya perubahan warna yang terjadi pada larutan, dari warna kuning menjadi kecoklatan dan adanya puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 400-500 nm.
2. Nanopartikel Ag yang telah disintesis menggunakan ekstrak daun Afrika termodifikasi PEG-4000 dapat mendeteksi keberadaan ion logam berat ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{2+}$ ) dengan metode kolorimetri. Ini ditandai dengan adanya perubahan warna dari kuning menjadi bening dan hilangnya puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 400-500 nm.

### **6.2 Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan, diharapkan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sintesis nanopartikel Ag dengan menggunakan ekstrak daun Afrika sebagai fotokatalis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. & Khairurrijal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. **2(1)**: 1-9.
- Abdul, N., Muhammad B. A., Abdum. R., dan Siraj Uddin. 2015. Biologically Synthesized Silver Nanoparticle-based Colorimetric Sensor for the Selective Detection of Zn<sup>2+</sup>. *RSC Adv.* **5**: 91158-91165.
- Adhani, R., dan Husaini. 2017. *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press: Banjarmasin.
- Ahmad, M.B., Tay, M.Y., Shameli, K., Hussein, M.Z. & Lim, J.J. 2011. Green Synthesis and Characterization of Silver/Chitosan/Polyethylene Glycol Nanocomposites without any Reducing Agent. *International Journal of Molecular Science*. **12(8)**: 4872-4884.
- Ajitha, B., Ashok, K. R. Y., & Sreedhara, R. P. 2015. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using Lantana camara leaf extract. *Material Science and Engineering C*. **49**: 373-381.
- Anshori, J. A. 2009. *Siklisasi intramolekuler Sitronelal Dikatalisis Zeolit dan Bahan Mesoporus*. Bandung : Jurusan Kimia, Universitas Padjajaran.
- Arifah, Rizqi, Umi., Sedjati, S., Supriyantini, E., & Ridlo, A. 2019. Kandungan klorofil dan fukosantin serta pertumbuhan *Skeletonema costatum* pada pemberian spektrum cahaya yang berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*. **8(1)**: 25-32.
- Ariyanta, H. A., S. Wahyuni, & S. Priatmoko. 2014. Preparasi Nanopartikel Perak Dengan Metode Reduksi Dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri Penyebab Infeksi. *Indonesian Journal of Chemical Science*. **10(1)**: 36-42.
- Asmathunisha, N. & Kathiresan, K. 2013. A Review Biosynthesis of Nanoparticles by Marine Organisms. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. **103**: 283-287.
- Asri, M. 2015. Karakterisasi Nanopartikel Emas Dan Aplikasinya Sebagai Sensor Kadar Gula Darah, Tesis Tidak Diterbitkan. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Caro, C.P.M., Castillo, R. Klippstein., D. Pozodan., & A. P. Zaderenco. 2010. *Silver Nanoparticles: Sensing and Imaging Applications, Silver Nanopartikel*. **95**: 201-223.
- Chou, K.S. & Lu, Y.C., 2008. High Concentration Nanoscale Silver Colloidal Solution and Preparing Process Thereof. *Patent Application Publication*. **11**: 47-67.
- Daniel, S.C.G.K., Nehru, K. & Sivakumar, M. 2012. Rapid Biosynthesis of Silver Nanoparticle Using *Eichornia crassipes* and its Antibacterial Activity. *Curr, Nanosci*. **8(1)**: 125-129.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press: Jakarta.
- Day, R.A. & Underwood. 2002. *Analitik Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga
- Dunn, K. & Edwards-Jones, V. 2004. The Role of Acticoat TM with Nanocrystalline Silver in the Management of Burns. *Burns*. **30(1)**: 1-9.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius: Yogyakarta
- Etzler, F.M. & Deanne, R. 1997. Particle Size Analysis: A Comparison of Various Methods II. Particle & Particle System Characterization. **14(6)**: 278-282.
- Fabiani, V.A., Sutanti, F., Silvia, D., & Putri, M.A. 2018. Green Synthesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratoxylum Glaucum*) Sebagai Bioreduktor. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*. **1(2)**: 68-76.

- Fatimah, I., & Mutiara, N.A.L. 2016. Biosynthesis of Silver Nanoparticles using Putri Malu (*Mimosa pudica*) Leaves Extract and Microwave Irradiation Method. *Jurnal Molekul*. **11(2)**: 288-298.
- Febrianti, Petrina, Prabowo, W. C., & Rijai, Laode. 2017. AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN TABIR SURYA EKSTRAK DAUN AFRIKA (*Vernonia amygdalina* Del). *Proceeding of the 5th Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*. **5**: 196-204.
- Frattini, A., Pellegrini, N., Nicastro, D. & De Sanctis, O. 2005. Effect of Amine Groups in the Synthesis of Ag Nanoparticles Using Aminosilanes, *Materials Chemistry and Physics*, **94(1)**: 148–152.
- Gong, P., Li, H., He, X., Wang, K, Hu, J., Zhang, S. & Yang, X. 2007. Preparation and Antibacterial Activity of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and Ag Nanoparticles, *Nanotechnology*. **18(28)**: 604-611.
- Handayani, W. 2011. *Pemanfaatan Tanaman Tropis Untuk Biosintesis Nanopartikel Perak dan Aplikasinya Sebagai Indikator Kolorimetri Keberadaan Logam Berat*. Tesis: FMIPA Universitas Indonesia Jakarta.
- Haryono, A., Sondari D., Harmani S. B & Randy M. 2008. Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri*. **2(3)**: 155-163.
- Ibrahim, G., Abdurahman, E. M., & Katayal, UA 2004. Pharmacognostic Studies on the Leaves of *Vernonia amygdalina* Del. (Asteraceae). *Nigerian Journal of Natural Products and Medicine*. **8(1)**: 8-10.
- Ijeh, I.I., & Ejike, E.C. 2011. Current Perspectives on the Medical Potentials of *Vernonia amygdalina* Del. *Journal of Medical Plants Research*. **5(7)**: 1051-1061.
- Isaac, R. S., Sakthivel, G. & Murthy, C. 2013. Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using Banana Peel Extract and 44 Their Antimicrobial Activity Againsts Representavi Microorganisme. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. **8(3)**: 265-275.
- Kavitha K.S., Syed Baker, Rakshith D., Kavitha H.U., Yashwantha Rao H.C., Harini B.P. & Satish S. 2013. Plants as Green Source towards Synthesis of Nanoparticles. *International Research Journal of Biological Sciences*. **2(6)**: 66-76.
- Keat, C.L., Aziz, A., Eid, A.M. & Elmarguzi, N.A., 2015, Biosynthesis of Nanoparticles and Silver Nanoparticle. *Bioresources and Bioprocessing*. **15(2)**: 47-57.
- Khan, A.K., Rasyid, R., Murtaza G. & Zahra, A. 2014. Gold Nanoparticles: Synthesis and Applications in Drug Delivery. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. **13(7)**: 1169-1177.
- Kharimah, N. Z., Lukmayani, Y., & Syafnir, L. 2016. Identifikasi senyawa flavonoid pada ekstrak dan fraksi daun Afrika (*Vernonia amygdalina* Del.). *Prosiding Farmasi*. **2(2)**: 703-709.
- Kim, Y., Yang, D., Singh, P., Kim, Y., & Zhang, D. 2016. Biological Synthesis of Nanoparticles from Plants and Microorganisms. *Trends in biotechnology*. **34(7)**: 588-599.
- Khopkar S.M. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Terjemahan dari Basic Concepts Of Analytical Chemistry oleh Saptoraharjo. UI-Press, Jakarta.
- Kumar, B., & Cumbal, L. 2016. Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Lanta Camara Flower Extract and it's Application. *J Sol-Gel Sci Technol*. **78(2)**: 285-292.
- Lauterwasser, C., 2005, *Small Sizes that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, *OECD International Futures Programme*. Allianz Centre of Technology, München, Germany. Munich. <http://www.oecd.org/chemicalsafety/nanosafety/44108334>. Pdf [07 Agustus 2022].

- Leuner, C. & Dressman, J. 2000. Improving drug solubility for oral delivery using solid dispersion, *Eur. J. Pharm. Biopharm.* **50(1)**: 47-60.
- Lusi. 2011. Cara Mengetahui Ukuran Suatu Partikel, [http://nanotech.co.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=120&catid=46&Itemid=67&lang=i](http://nanotech.co.id/index.php?option=com_content&view=article&id=120&catid=46&Itemid=67&lang=i). [07 Agustus 2022].
- Makarov, V. V., Love, A. J., Sinitsyna, O. V., Makarova, S. S. & Yaminsky, I. V. 2014. "Green" Nanotechnologies: *Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants*. *Acta Naturae.* **6(20)**: 35–44.
- Marliyana, S. D., Kusumaningsih, T., & Kristinawati, H. 2006. Penentuan Kadar Total Fenol dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Biji Ketapang (*Terminalia cattapa L.*). *Jurnal Alchemy.* **5(1)**: 39-44.
- Malvern Instruments Limited. 2012. A Basic Guide to Particle Characterization. <http://www.malvern.com>. [07 Agustus 2022].
- Maryani, D., Firdaus, M.L., & Nurhamidah. 2017. Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Buah *Passiflora flavicarpa* (Markisa) untuk Mendeteksi Logam Berat, *Alotrop Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia.* **1(1)**: 49-54.
- Matutu, J. M., Maming, & Taba, P. 2016. Sintesis Nanopartikel Perak Dengan Metode Reduksi Menggunakan Buah Merah (*Pandanus Conoideus*) Sebagai Bioreduktor. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Mittal, A.K., Thanki, K., Jain, S. & Banerjee, U.C., 2016. Comparative Studies of Anticancer and Antimicrobial Potential of Bioinspired Silver and Silver- Selenium Nanoparticles. *Journal of Materials Applied Nanomedical.* **3(2)**: 22-27.
- Mohanraj, V.J. & Y. Chen. 2006. Nanoparticles: A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research.* **5(1)**: 561-573.
- Mo, Y. Y., Tang, Y. K., Wang, S. Y., Lin, J. M., Zhang, H. B., & Luo, D. Y. 2015. Green Synthesis of Silver Nanoparticle Using Eucalyptus Leaf Extract, *Mater. Lett.* **(144)**: 165- 167.
- Muzaqi, D., & Wahyuni, R. 2015. Pengaruh penambahan ginger kering (*Zingiber officinale*) terhadap mutu dan daya terima teh herbal daun afrika selatan (*Vernonia amygdalina*). *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian.* **6(2)**: 67-75.
- Nagarajan, R. 2008. Nanoparticles: Building Blocks for Nanotechnology. American Chemistry Society Symposium Series. **144**: 165–167.
- Nagy, A. & Mestl, G. 1999. High Temperature Partial Oxidation Reactions Over Silver Catalysts. *Applied Catalysis A: General.* **188(1–2)**: 337–353.
- Njan, A. A., Adza B, Agaba A.G., Byamgaba, D., Diaz-Llera, S., & Bansberg D. R. 2008. The analgesic and antiplasmodial activities and toxicology of *Vernonia amygdalina*. *J. Med. Food.* **11(3)**: 574-581.
- Parashar, V., Parashar, R., Sharma, B., & Pandey, A. C. 2009. Parthenium Leaf Extract Mediated Synthesis of Silver Nanoparticles: A Novel Approach Towards Weed Utilization, *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures.* **4(1)**: 45–50.
- Prasad, S.B., & Aeri, V. 2013. Current Understanding of Synthesis and Pharmacological Aspects of Silver Nanoparticles. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics.* **1(7)**: 536-547.
- Prasetyaningtyas, Tiwi., Prasetya A.T., & Widiarti, Nuni. 2020. Sintesis Nanopartikel Perak Termodifikasi Kitosan dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum basilicum L.*)

- dan Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*. **9(1)**: 37-43.
- Rajeshkumar, S., Kannan, C., & Annadurai, G. 2012. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Marine Brown Algae *Turbinaria conoides* and its Antibacterial Activity. *International Journal Pharma and Bio Sciences*. **3(4)**: 502-510.
- Rath, M., Panda, S. S., & Dhal, N. K. 2014. Synthesis of Silver Nanoparticles from Plant Extract and its Application on Cancer Treatment: A Review. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. **4(3)**: 137-145.
- Reilly, C. 1991. *Metal Contamination Food Second Edition*. Elsevier Science Publisher Ltd: London.
- Rusli, P.R. 2011. Pembuatan dan karakterisasi nanopartikel titanium dioksida fasa anatase dengan metode sol gel. skripsi. *Universitas negeri medan*. Medan.
- Samberg, M. E., Oldenburg, S. J., & Monteiro-Riviere, N. A. 2010. Evaluation of silver nanoparticle toxicity in skin in vivo and keratinocytes in vitro. *Environmental health perspectives*. **118(3)**: 407-413.
- Shankar, S. S., Rai, A., Ahmad, A. & Sastry, M. 2004. Rapid Synthesis of Au, Ag, and Bimetallic Au core Ag Shell Nanoparticle Using Neem (*Azadirachta indica*) Leaf Broth. *Journal of Colloid Interface Science*. **275(2)**: 496-502.
- Sharma, V. K., Yngard, R. A. & Lin, Y. 2009. Silver Nanoparticles: Green Synthesis and their Antimicrobial Activities. *Adv. Colloid and Interface Sci*. **145(1)**: 83-96.
- Singh, M. J.. 2016. *Green Nano Actinobacteriology – An Interdisciplinary Study*. Actinobacteria-Basics and biotechnological applications. Published by Intech. 377-387.
- Sitorus, M. 2009. Spektroskopi Elusidasi Struktur Molekul Organik Edisi Pertama. *Graha Ilmu*, Yogyakarta. 29-39.
- Suryadiputra, I. N. N. 1995. *Pengolahan Air Limbah dengan Metode Biologi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB: Bogor.
- Swee, K. Y., Wan, Y. H., Boon, K. B., Woon, S. L., Huynh, K. Y., Abdul, H. N. Y., & Noorjahan, B. A. 2010. *Vernonia amygdalina*, an ethnoveterinary and ethnomedical used green vegetable with multiple bio-activities. *Journal of medicinal plants research*. **4(25)**: 2787-
- Syamsidar. 2013. *Dasar Reaksi Kimia Anorganik*. Alauddin University Press : Makassar
- Tonukari, N.J., Avwioroko, O.J., Ezedom, T., & Anigboro, A.A. 2015. Effect of Preservation on Two Different Varieties of *Vernonia amygdalina* Del. (Bitter) Leaves. *Food and Nutrition Science*. **6(7)**: 623-632.
- Wahyudi, T., Rismayani, S., No, J. A. Y., & O22, B. T. 2008. Aplikasi nanoteknologi pada bidang tekstil. *Arena Tekstil*, **23(2)**: 52-109.
- Wardianto, D., & Setiawan, D. 2020. The Roll-Bearing Damage Analysis of Centrifugal Pump (Zm11-W375/04). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. **469(1)**: 1-8.
- Xiong, D., & Li, H. 2008. Colorimetric detection of pesticides based on calixarene modified silver nanoparticles in water. *Nanotechnology*. **19(46)**.
- Yeo, S.Y., Lee, H.J. & Jeong, S.H. 2003. Preparation of Nanocomposite Fiber for Permanent Antibacterial Effect. *Journal of Materials Science*. **38(10)**: 2143-2147.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Bukti luaran yang didapatkan



## Lampiran 2. Surat Tugas Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
**UNIVERSITAS SAM RATULANGI**  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
Alamat : Kampus UNSRAT Manado Telp. (0431) 827560, Fax. (0431) 827560  
Email: [lppm@unsrat.ac.id](mailto:lppm@unsrat.ac.id) Laman: <http://lppm.unsrat.ac.id>

### **SURAT TUGAS** **Nomor: 1110/UN12.13/LT/2022**

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado, dengan ini menugaskan kepada:

#### **KETUA**

Nama Lengkap : HENRY FONDA ARITONANG  
NIP : 197112072000031001  
Jabatan : Lektor Kepala  
Program Studi : KIMIA  
Fakultas : MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

#### **ANGGOTA**

Nama Lengkap : DEWA GEDE KATJA  
NIP : 196012201986121001  
Jabatan : Lektor Kepala  
Program Studi : KIMIA  
Fakultas : MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

Nama Lengkap : WIDYA ASTUTY LOLO  
NIP : 198708172012122002  
Jabatan : Lektor  
Program Studi : FARMASI  
Fakultas : MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

#### **ANGGOTA MAHASISWA**

Nama/NIM : Yulia Feiren Tuuk / 18101101045  
Nama/NIM : Akbar Fikrah Asri / 18101101029  
Nama/NIM : Ryscha Yohrian Babay / 18101101001

Untuk Melaksanakan Kegiatan Penelitian SKIM: Riset Terapan Unggulan UNSRAT yang di danai oleh dana PNPB BLU Unsrat Tahun 2022 dengan judul: "Biosintesis Nanopartikel Perak (Ag) Menggunakan Ekstrak Daun Afrika (*Vernonia amygdalina*) dan Polietilen Glikol 6000 serta Aplikasinya Sebagai Detektor Ion Logam Berat".  
Demikian surat tugas ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Manado, 22 Maret 2022  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat



**Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS**  
NIP. 195910181986031002

**SURAT PERINTAH PERJALANAN DINAS**

1.	Pejabat berwenang yang memberi perintah	KETUA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS SAM RATULANGI
2.	Nama Pegawai Yang diperintah	Nama : HENRY FONDA ARITONANG NIP : 197112072000031001
3.	a. Pangkat dan Golongan menurut PP No.6 tahun 1997 b. Jabatan c. Gaji Pokok d. Tingkat menurut Peraturan Perjalanan Dinas	a. b. Lektor Kepala c. d.
4.	Maksud Perjalanan Dinas	Untuk melaksanakan kegiatan penelitian skim: <b>RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT</b> , yang di danai oleh <b>PNNP BLU Unsrat</b> dengan judul <b>Biosintesis Nanopartikel Perak (Ag) Menggunakan Ekstrak Daun Afrika (Vernonia amygdalina) dan Polietilen Glikol 6000 serta Aplikasinya Sebagai Detektor ion Logam Berat</b>
5.	Alat angkut yang diperlukan	
6.	a. Tempat Berangkat b. Tempat Tujuan	a. b.
7.	a. Lama perjalanan Dinas b. Tanggal Berangkat c. Tanggal harus kembali	a. b. c.
8.	Pengikut : Nama : Umur : 1. 2.	Hubungan Keluarga/Keterangan Anggota Tim
9.	Pembebanan Anggaran : a. Instansi b. Mata Anggaran	a. Dibebankan pada anggaran yang tersedia b.
10.	Keterangan Lain	

Dikeluarkan di: Manado,  
 Pada 22 Maret 2022  
 Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat



**Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS**  
 NIP. 195910181986031002

I.		<p>Berangkat dari : Manado,</p> <p>Pada Tanggal :</p> <p>Ke :</p> <p>Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat</p>  <p><b>Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS</b> NIP. 195910181986031002</p>
II.	<p>Tiba di:</p> <p>Pada tanggal:</p> <p>Kepala:</p> 	<p>Berangkat dari:</p> <p>Pada tanggal:</p> <p>Kepala:</p> 
III.	<p>Tiba di:</p> <p>Pada tanggal:</p> <p>Kepala:</p>	<p>Berangkat dari:</p> <p>Pada tanggal:</p> <p>Kepala:</p>
IV.	<p>Tiba di:</p> <p>Pada tanggal:</p> <p>Kepala:</p>	<p>Berangkat dari:</p> <p>Pada tanggal:</p> <p>Kepala:</p>
V.	<p>Tiba di:</p> <p>Pada tanggal:</p> <p>Kepala:</p>	<p>Berangkat dari:</p> <p>Pada tanggal:</p> <p>Kepala:</p>
VI.	<p>Tiba di:</p> <p>Pada tanggal:</p> <p>Kepala:</p>	<p>Telah diperiksa, dengan keterangan bahwa perjalanan tersebut diatas benar dilakukan atas perintahnya Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat</p>  <p><b>Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS</b> NIP. 195910181986031002</p>

**PERHATIAN**

Pejabat yang berwenang menerbitkan SKPD, pegawai yang melakukan perjalanan dinas, para pejabat yang mengesahkan tanggal berangkat/tiba serta bendaharawan bertanggung jawab berdasarkan peraturan-peraturan keuangan Negara apabila Negara menderita kerugian akibat kesalahan, kelalaian dan kealpaan, angka 8 lampiran edaran Menteri keuangan tanggal 3 April 1979, No. S.247/MK.03/1979.

***Lampiran 3. Foto Kegiatan Penelitian dan Produk Penelitian***



Ekstrak Daun Afrika

**Lampiran 4. HKI (Paten Sederhana)**

**FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN PATEN SEDERHANA INDONESIA**  
**APPLICATION FORM OF PATENT REGISTRATION OF INDONESIA**

<b>Data Permohonan (Application)</b>			
Nomor Permohonan <i>Number of Application</i>	: 500202212717	Tanggal Penerimaan <i>Date of Submission</i>	: 11 November 2022
Jenis Permohonan <i>Type Of Application</i>	: Paten Sederhana	Jumlah Klaim <i>Total Claim</i>	: 2
		Jumlah Halaman <i>Total Page</i>	: 7
Judul <i>Title</i>	: METODE PEMBUATAN NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN AFRIKA (Vernonia Amygdalina) DAN POLIETILEN GLIKOL-4000 SEBAGAI DETEKTOR ION LOGAM MERKURI (Hg2+)		
Abstrak <i>Abstract</i>	: Memantau kadar ion logam merkuri (Hg2+) dalam ekosistem perairan sangat penting karena ion ini memiliki efek negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan. Keberadaan ion merkuri di dalam sampel air dapat diketahui dengan menggunakan detektor nanopartikel perak dan sekaligus sebagai indikator pewarnaan (kolorimetri). Hingga kini, pembuatan nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun Afrika dan polietilen glikol-4000 (PEG-4000) serta peranannya sebagai detektor ion logam merkuri belum ada dilaporkan sehingga pemanfaatan kedua bahan tersebut, masing-masing sebagai reduktor dan agen penstabil partikel perlu dilakukan. Diawali dengan maserasi daun kering Afrika selama 3 hari menggunakan pelarut etanol 96% dan menghasilkan ekstrak berwarna hijau tua. Sebanyak 0,01 gram ekstrak daun Afrika ditambah 20 mL larutan AgNO3 1 mM dan 2 mL larutan PEG-4000 10 ppm tetes demi tetes, diaduk dengan kecepatan 1500 rpm dan dipanaskan di atas hot plate pada suhu 100°C selama 1 jam. Warna larutan berubah dari kuning ke coklat yang mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak, dimana ukuran dan kandungannya masing-masing 88,8 nm dan 12,01%. Campuran larutan tersebut, mampu mendeteksi keberadaan ion logam merkuri (Hg2+) di dalam sampel air berdasarkan spektrofotometer UV-Vis.		

<b>Permohonan PCT (PCT Application)</b>			
Nomor PCT <i>PCT Number</i>	:	Nomor Publikasi <i>Publication Number</i>	:
Tanggal PCT <i>PCT Date</i>	:	Tanggal Publikasi <i>Publication Date</i>	:

<b>Pemohon (Applicant)</b>		
<b>Nama (Name)</b>	<b>Alamat (Address)</b>	<b>Surel/Telp (Email/Phone)</b>
Sentra KI Universitas Sam Ratulangi	Jln. Kampus Unsrat, Kleak, Manado, Sulawesi Utara, ID	Sentraki@unsrat.ac.id 08124495503

<b>Penemu (Inventor)</b>			
<b>Nama (Name)</b>	<b>Warganegara (Nationality)</b>	<b>Alamat (Address)</b>	<b>Surel/Telp (Email/Phone)</b>
Henry F. Aritonang	Indonesia	Lingkungan IV, RW 004, Kelurahan Singkil Dua, Kecamatan Singkil, Manado, ID	628124450362 henryaritonang@unsrat.ac.id
Dewa Gede Katja	Indonesia	Kelurahan Malalayang Satu Timur Lingkungan IV, Kecamatan Malalayang, ID	6281314923544 dewakatja@unsrat.ac.id
Widya Astuty Lolo	Indonesia	Jaga XIX, Perum CBA New Gold No.15, Kel. Mapangget, Kec. Talawaan, Minahasa Utara, ID	6282193536448 widyaastutylolo@unsrat.ac.id

<b>Data Prioritas (Priority Data)</b>		
<b>Negara (Country)</b>	<b>Nomor (Number)</b>	<b>Tanggal (Date)</b>

<b>Korespondensi (Correspondence)</b>		
<b>Nama (Name)</b>	<b>Alamat (Address)</b>	<b>Surel/Telp (Email/Phone)</b>
Sentra KI Universitas Sam Ratulangi	Jln. Kampus Unsrat, Kleak , Manado, Sulawesi Utara	Sentraki@unsrat.ac.id 08124495503

<b>Kuasa/Konsultan KI (Representative/ IP Consultan)</b>		
<b>Nama (Name)</b>	<b>Alamat (Address)</b>	<b>Surel/Telp (Email/Phone)</b>

<b>Lampiran (Attachment)</b>
ABSTRAK
DESKRIPSI BAHASA INDONESIA
DOKUMEN LAINNYA
KLAIM FILE BAHASA INDONESIA
SURAT PENGALIHAN INVENSI
SURAT PERNYATAAN KEPEMILIKAN INVENSI OLEH INVENTOR

<b>Detail Pembayaran (Payment Detail)</b>			
<b>No</b>	<b>Nama Pembayaran</b>	<b>Sudah Bayar</b>	<b>Jumlah</b>
1.	Pembayaran Permohonan Paten	<input checked="" type="checkbox"/>	Rp. 200.000
2.	Pembayaran Kelebihan Deskripsi	<input type="checkbox"/>	-
3.	Pembayaran Kelebihan Klaim	<input type="checkbox"/>	-
4.	Pembayaran Pemeriksaan Substantif	<input checked="" type="checkbox"/>	Rp. 500.000
5.	Pembayaran Percepatan Pengumuman	<input type="checkbox"/>	-

Jakarta, 11 November 2022

Pemohon / Kuasa

Applicant / Representative



Tanda Tangan / Signature

Nama Lengkap / Fullname

**BUKTI PEMBAYARAN PEMERIKSAAN SUBSTANTIF PERMOHONAN  
PATEN**

<b>Data Permohonan (Application)</b>			
Nomor Permohonan <i>Number of Application</i>	: 500202212717	Tanggal Permohonan <i>Date of Submission</i>	: 11 November 2022
Nomor Registrasi <i>Number of Registration</i>	: -	Tanggal Registrasi <i>Date of Registration</i>	: -
Nama Pemegang Paten <i>Owner Name</i>	: Sentra KI Universitas Sam Ratulangi		
Judul <i>Title</i>	: METODE PEMBUATAN NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN AFRIKA ( <i>Vernonia Amygdalina</i> ) DAN POLIETILEN GLIKOL-4000 SEBAGAI DETEKTOR ION LOGAM MERKURI (Hg <sup>2+</sup> )		

No Billing : 820221111154198  
Tanggal Pembayaran : 11 November 2022  
Jumlah Pembayaran : Rp. 500.000

Jakarta, 11 November 2022  
Pemohon / Kuasa  
*Applicant / Representative*



Tanda Tangan / Signature  
Nama Lengkap / Fullname