

**PENGARUH KONSENTRASI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DAN  
KOLOID PERAK IONIK TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR  
*TRYCHOPHYTON MENTAGROPHYTES***

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta  
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
guna Memperoleh Gelar Sarjana



**Disusun oleh:**

**ANDREW DAVID SUBALLY**

**14306141052**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**2018**

## **PERSETUJUAN**

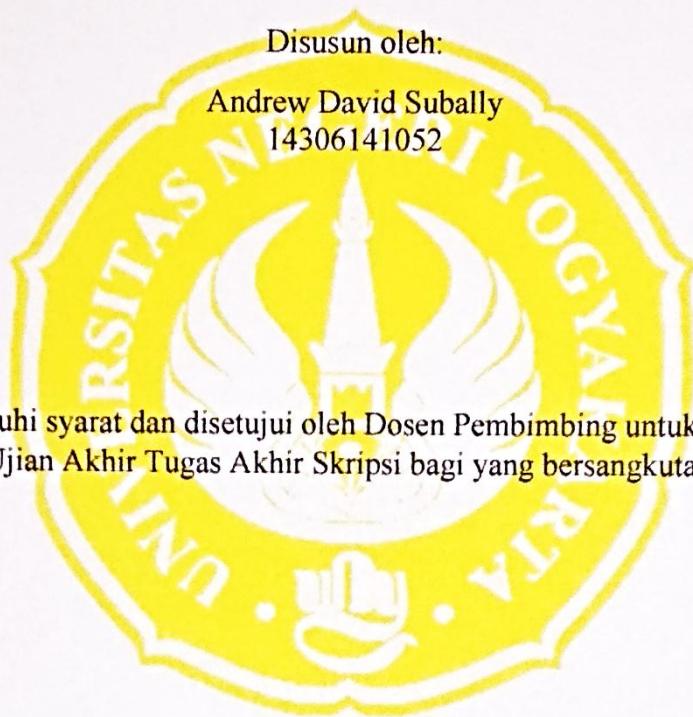
Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

### **PENGARUH KONSENTRASI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DAN KOLOID PERAK IONIK TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR *TRYCHOPHYTON MENTAGROPHYTES***

Disusun oleh:

Andrew David Subally  
14306141052

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan  
Ujian Akhir Tugas Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan.



Yogyakarta, September 2018

Mengetahui,  
Ketua Prodi Fisika

Nur Kadarisman, M.Si.  
NIP. 196402051991011001

Menyetujui,  
Pembimbing

Suparno, M.App.Sc., Ph.D  
NIP. 196008141988031003

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

### **PENGARUH KONSENTRASI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DAN KOLOID PERAK IONIK TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR *TRYCHOPHYTON MENTAGROPHYTES***

Disusun Oleh:  
Andrew David Subally  
14306141052

Telah dipertahankan di depan Dewan Pengaji Tugas Akhir Skripsi Program Studi  
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri  
Yogyakarta

Pada tanggal 2 Oktober 2018

Dewan Pengaji

| Nama                     | Jabatan            | Tanda tangan  | Tanggal   |
|--------------------------|--------------------|---|-----------|
| Suparno, M.App.Sc., Ph.D | Ketua Pengaji      |   | 5/12/2018 |
| NIP. 196008141988031003  |                    |   |           |
| Dr. Restu Widiatmono     | Pengaji Utama      |   | 5/12/2018 |
| NIP. 197205221998021001  |                    |   |           |
| Rita Prasetyowati, M.Si  | Sekretaris Pengaji |  | 4/12/2018 |
| NIP. 198007282006042001  |                    |   |           |

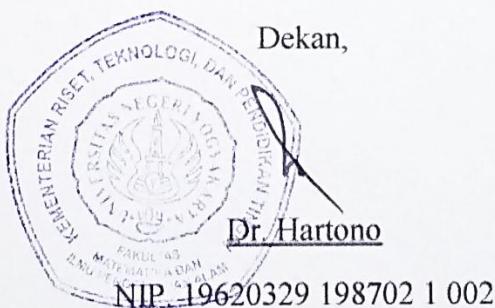
Yogyakarta, 6 Oktober 2018

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,

Dr. Hartono





## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Andrew David Subally

NIM : 14306141052

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : Pengaruh Konsentrasi Nanopartikel Perak Ionik dan Koloid Perak  
Ionik Terhadap Pertumbuhan Jamur *Trychophyton mentagrophytes*

menyatakan bahwa karya ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sejauh pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau ide dari orang lain selain yang saya gunakan sebagai kutipan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Apabila terdapat kelalaian dalam penulisan, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, Oktober 2018

Yang menyatakan,



Andrew David Subally

14306141052

## **MOTTO**

“Gagal hanya terjadi jika kita menyerah”

Bacharuddin Jusuf Habibie

“Adigang, adigung, adiguno”

Peribahasa Jawa

“Seseorang yang kecilpun mampu menghasilkan bayangan yang besar”.

Varys

## **PERSEMPAHAN**

### **Karya ini kupersembahkan untuk**

Seluruh keluargaku terutama Ibu dan Bapak yang selalu memberikan dukungan, semangat, cinta, serta doa yang sebegitu banyaknya.

# **Pengaruh Konsentrasi Nanopartikel Perak Ionik dan Koloid Perak Ionik Terhadap Pertumbuhan Jamur *Trychophyton mentagrophytes***

Oleh  
Andrew David Subally  
14306141052

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan elektrolisis dan lama waktu sintesa nanopartikel perak dengan metode elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan, mengetahui karakteristik dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik yang disintesa dengan metode elektrolisis dan mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap diameter zona bening pertumbuhan jamur *Trychophyton mentagrophytes*.

Penelitian ini diawali dengan membuat larutan nanopartikel perak ionik menggunakan metode elektrolisis. Dua batang perak sebagai elektroda dielektrolisis menggunakan tegangan 40 V DC dan 45 V DC dengan 200 ml akuades. Proses elektrolisis dilakukan selama 130 menit, sementara itu polaritas elektroda diganti setiap 10 menit. Kemudian membuat larutan koloid perak ionik dengan memanfaatkan proses agregasi nanopartikel perak ionik selama 1 bulan. Mengukur konsentrasi kedua larutan dengan TDS meter setelah itu, mengencerkan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik menjadi 5 variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Melakukan pengukuran terhadap konduktivitas listrik larutan menggunakan EC meter. Uji karakterisasi dilakukan pada semua sampel nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Setelah itu sampel diujikan terhadap kultur uji jamur *Trychophyton mentagrophytes* menggunakan metode cawan difusi dengan kertas saring. Media cair yang digunakan adalah PDB dan media padat yang digunakan adalah PDA.

Telah dihasilkan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dengan metode elektrolisis. Tegangan yang paling optimal pada proses elektrolisis adalah 45 V DC menghasilkan konsentrasi 42 ppm. Semakin lama waktu proses elektrolisis maka semakin besar konsentrasi yang dihasilkan, tetapi pertambahan konsentrasi mengalami titik jenuh pada lama waktu pembuatan diatas 100 menit. Pada nanopartikel perak ionik yang dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis diperoleh rentang absorbansi pada panjang gelombang 399-421 nm dengan rentang ukuran partikel  $10 \pm 1,6$  nm sampai  $44 \pm 7,7$  nm. Untuk koloid perak ionik diperoleh rentang absorbansi pada panjang gelombang 421-429.5 nm dengan rentang ukuran partikel  $44 \pm 7,7$  nm sampai  $57 \pm 9,1$  nm. Pada jamur *Trychophyton mentagrophytes*, kemampuan daya hambat nanopartikel perak ionik terhadap jamur paling optimal pada konsentrasi 30 ppm. Sedangkan, pada koloid perak ionik kemampuan daya hambat tertinggi pada konsentrasi 50 ppm.

**Kata Kunci :** Nanopartikel perak ionik, koloid perak ionik, elektrolisis, batang perak, *Trychophyton mentagrophytes*, antijamur

**The Effect of Ionic Silver Nanoparticles and Ionic Silver Colloids  
Concentration On The Growth Of *Trychophyton Mentagrophytes* Fungus**

By  
Andrew David Subally  
14306141052

**ABSTRACT**

The objectives of this research are to determine the effect of electrolysis voltage and length of time for synthesis of ionic silver nanoparticles by electrolysis method, to determine the characteristics of ionic silver nanoparticles and ionic silver colloids synthesized by electrolysis method, and to determine the effect of ionic silver nanoparticles and ionic silver colloids concentration on the diameter of the clear zone of fungal growth *Trychophyton mentagrophytes*.

This study begins with making a solution of ionic silver nanoparticles using electrolysis methods. Two silver rods as electrolyzed electrodes using a voltage of 40 V DC and 45 V DC with 200 ml of distilled water. The electrolysis process is carried out for 130 minutes, while the electrode polarity is replaced every 10 minutes. Then, to make the ionic colloidal silver solution by utilizing the aggregation process of ionic silver nanoparticles for 1 month. Measuring the concentration of the two solutions with TDS meter after that, diluting silver ionic nanoparticles and ionic silver colloids into 5 variations of concentrations of 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, and 50 ppm. Measuring electrical conductivity solution using EC meter. Characterization tests were carried out on all samples of ionic silver nanoparticles and ionic silver colloids using UV-Vis spectrophotometer. After that the sample was tested on the fungal test culture of *Trychophyton mentagrophytes* using diffusion cup method with filter paper. The liquid media used is PDB and solid media used is PDA.

Ionic silver nanoparticles and ionic silver colloids have been produced by electrolysis method. If electrolysis voltage used is greater than the concentration produced is greater. The most optimal voltage in the electrolysis process is 45 V DC resulting in a concentration of 42 ppm. If the electrolysis time is longer than the concentration produced is greater but the increase in concentration have a saturation point above 100 minutes. For the ionic silver nanoparticles characterized by UV-Vis spectrophotometer the absorbance range is obtained at a wavelength of 399-421 nm with a particle size range of  $10 \pm 1,6$  nm to  $44 \pm 7,7$  nm. For the ionic silver colloids, the absorbance range is obtained at a wavelength of 421-429.5 nm with a particle size range of  $44 \pm 7,7$  nm to  $57 \pm 9,1$  nm. In *Trychophyton mentagrophytes* fungus, the ability of the inhibitory power of ionic silver nanoparticles to fungi is optimal at a concentration of 30 ppm. Meanwhile, in the ionic silver colloids the highest inhibitory ability was at a concentration of 50 ppm.

**Keyword :** Ionic silver nanoparticle, ionic silver colloids, electrolysis, silver rod, *Trychophyton mentagrophytes*, antifungal

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat, lindungan, dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir skripsi ini. Sholawat serta salam semoga tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang atas perjuangan beliau kita dapat menikmati zaman yang terang benderang saat ini.

Penyusunan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi untuk memperoleh sarjana Strata Satu (S-1) pada program studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Judul yang penulis ajukan adalah “Pengaruh Konsentrasi Nanopartikel Perak Ionik dan Koloid Perak Ionik Terhadap Pertumbuhan Jamur *Trychophyton mentagrophytes*”.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak, baik dukungan moril maupun materil. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta beserta jajarannya.
2. Bapak Yusman Wiyatmo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
3. Bapak Nur Kadarisman, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta serta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
4. Bapak Suparno, M.App.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk membimbing, saran, masukan, arahan, memberi petunjuk dan diskusi sehingga skripsi ini berhasil terselesaikan dengan baik.

5. Bapak Sumarna, M.Sc., M.Eng., selaku Penasehat Akademik, yang telah memberikan izin dan memberikan bimbingan dan arahan dalam pelaksanaan skripsi ini.
6. Bapak Haris Murtanto, selaku laboran fisika lantai II yang telah memberi pinjaman alat dan membantu dalam pelaksanaan penelitian.
7. Ibu Tutik, selaku laboran laboratorium mikrobiologi yang telah menyediakan alat dan bahan dan membantu pelaksanaan penelitian.
8. Adi Galih dan teman-teman seperjuangan kelompok bidang material dan koloid yang selalu membantu dan memberikan dukungan dalam penelitian ini.
9. Teman-teman Fisika E 2014 dan Hayu yang selalu memberi motivasi dan dukungan.
10. Seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung

Tak ada gading yang tak retak, tentu skripsi ini sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat menerima kritikan, masukan, dan saran yang membangun dari berbagai pihak yang telah membaca skripsi ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Yogyakarta, September 2018

Penulis,

Andrew David Subally

14306141052

## DAFTAR ISI

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>           | <b>i</b>    |
| <b>PERSETUJUAN.....</b>              | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>       | <b>iii</b>  |
| <b>SURAT PERNYATAAN .....</b>        | <b>v</b>    |
| <b>MOTTO .....</b>                   | <b>vi</b>   |
| <b>PERSEMBAHAN.....</b>              | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                 | <b>viii</b> |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>           | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>               | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>            | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>            | <b>xv</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>         | <b>xvii</b> |
| <b>BAB I.....</b>                    | <b>1</b>    |
| A. Latar Belakang .....              | 1           |
| B. Identifikasi Masalah.....         | 4           |
| C. Batasan Masalah.....              | 5           |
| D. Perumusan Masalah .....           | 5           |
| E. Tujuan Penelitian .....           | 6           |
| F. Manfaat Penelitian .....          | 6           |
| <b>BAB II .....</b>                  | <b>8</b>    |
| A. Nanosains dan Nanoteknologi ..... | 8           |
| B. Perak.....                        | 10          |

|   |           |
|---|-----------|
| C. Nanopartikel Perak.....  | 11        |
| D. Metode Elektrolisis .....  | 14        |
| E. Koloid Perak Ionik .....   | 17        |
| F. Spektrofotometer UV-Vis .....  | 18        |
| G. Dermatofitosis .....   | 22        |
| H. Trychophyton mentagrophytes.....   | 24        |
| I. Metode Disk Diffusion.....   | 25        |
| J. Kerangka Berpikir.....   | 27        |
| <b>BAB III.....</b>   | <b>29</b> |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian .....  | 29        |
| B. Jenis Penelitian.....  | 29        |
| A. Variabel Penelitian .....  | 29        |
| B. Alat dan Bahan Penelitian.....   | 31        |
| C. Tahapan Penelitian .....   | 33        |
| D. Teknik Pengambilan Data .....  | 33        |
| <b>BAB IV .....</b>   | <b>39</b> |
| A. Hasil Sintesa Nanopartikel Perak Ionik .....                                     | 39        |
| B. Hasil Sintesis Koloid Perak Ionik .....  | 44        |
| C. Hasil Pengukuran Electric Conductivity (EC) dan Total Dissolved Solid (TDS)..... | 45        |
| D. Hasil Pengujian Spektrofotometer UV-Vis.....                                     | 48        |
| E. Hasil Pengujian Aktivitas Antijamur .....  | 57        |
| <b>BAB V.....</b>   | <b>65</b> |
| A. Kesimpulan .....   | 65        |
| B. Saran.....   | 66        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>   | <b>67</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>  | <b>73</b> |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabel 1.</b> Perbandingan ukuran partikel terhadap panjang gelombang partikel<br>(Solomon et al, 2007)..... | 22 |
| <b>Tabel 2.</b> Kategori Respon zona bening (Elgayyar) .....   | 26 |
| <b>Tabel 3.</b> Variabel penelitian .....  | 30 |
| <b>Tabel 4.</b> Hasil pengukuran TDS dan EC nanopartikel perak ionik .....                                     | 45 |
| <b>Tabel 5.</b> Hasil pengukuran TDS dan EC koloid perak ionik .....   | 46 |
| <b>Tabel 6.</b> Ukuran nanopartikel perak ionik berdasarkan panjang gelombang<br>serapan .....                 | 55 |
| <b>Tabel 7.</b> Ukuran koloid perak ionik berdasarkan panjang gelombang serapan....                            | 55 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 1.</b> Skema nanopartikel perak dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Prabhu dan Poulose, 2012) .....   | 12 |
| <b>Gambar 2.</b> Sintesis nanopartikel top-down dan bottom up (Abdullah, M.,2008). ....   | 13 |
| <b>Gambar 3.</b> Skema elektrolisis (Kemendikbud.go.id) .....   | 15 |
| <b>Gambar 4.</b> Jenis -jenis larutan (a) larutan stabil (b) larutan mengalami agregasi (c) larutan mengalami sedimentasi (Atisah, 2016) .....  | 18 |
| <b>Gambar 5.</b> Skema Spektrofotometer UV-Vis (Suhartati, 2017).....   | 19 |
| <b>Gambar 6.</b> (Kanan) Morfologi dan (kiri) Skema mikroskopik <i>Trychophyton mentagrophytes</i> (Sobera, 2008) .....   | 24 |
| <b>Gambar 7.</b> Diagram Alir Penelitian.....   | 33 |
| <b>Gambar 8.</b> Diagram alir pembuatan kultur uji.....   | 37 |
| <b>Gambar 9.</b> Grafik konsentrasi terhadap waktu pembuatan nanopartikel perak hasil elektrolisis 40 V DC .....  | 40 |
| <b>Gambar 10.</b> Grafik konsentrasi terhadap waktu pembuatan nanopartikel perak hasil elektrolisis 45 V DC .....   | 41 |
| <b>Gambar 11.</b> (a) akuades sebelum proses elektrolisis (b) Sampel hasil pengenceran larutan nanopartikel perak ionik .....   | 43 |
| <b>Gambar 12.</b> Sampel hasil pengenceran koloid perak ionik .....   | 44 |
| <b>Gambar 13.</b> Grafik hasil uji UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik dengan variasi konsentrasi. (a) konsentrasi 10 ppm, (b) konsentrasi 20 ppm, (c) konsentrasi 30 ppm, (d) konsentrasi 40 ppm, dan (e) konsentrasi 50 ppm. .... | 48 |
| <b>Gambar 14.</b> Grafik hasil uji UV-Vis larutan koloid perak ionik dengan variasi konsentrasi. (a) konsentrasi 10 ppm, (b) konsentrasi 20 ppm, (c) konsentrasi 30 ppm, (d) konsentrasi 40 ppm, dan (e) konsentrasi 50 ppm. ....       | 51 |
| <b>Gambar 15.</b> Grafik penelitian Solomon tentang ukuran partikel perak terhadap panjang gelombang serapannya (Solomon et al, 2007) .....   | 53 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 16.</b> Grafik ekstrapolasi data penelitian terhadap data penelitian Solomon   | 54 |
| <b>Gambar 17.</b> Zona bening nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap jamur <i>Trychophyton mentagrophytes</i> (a) 10 ppm (b), 20 ppm, (c) 30 ppm, (d) 40 ppm, dan (e) 50 ppm   | 57 |
| <b>Gambar 18.</b> Diameter zona bening nanopartikel perak ionik terhadap jamur <i>Trychophyton mentagrophytes</i> (a) 12 jam (b), 24 jam, (c) 36 jam, (d) 48 jam, dan (e) 60 jam   | 59 |
| <b>Gambar 19.</b> Diameter zona bening koloid perak ionik terhadap jamur <i>Trychophyton mentagrophytes</i> (a) 12 jam (b), 24 jam, (c) 36 jam, (d) 48 jam, dan (e) 60 jam   | 61 |
| <b>Gambar 20.</b> Grafik perbandingan hasil uji antijamur larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dengan variasi konsentrasi. (a) konsentrasi 10 ppm, (b) konsentrasi 20 ppm, (c) konsentrasi 30 ppm, (d) konsentrasi 40 ppm, dan (e) konsentrasi 50 ppm | 63 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| <b>Lampiran A.</b> Data spektrofotometer UV-Vis ..... | 72 |
| <b>Lampiran B.</b> Foto uji aktivitas antijamur ..... | 84 |
| <b>Lampiran C.</b> Data uji zona bening .....         | 92 |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Manusia dapat menjadi sangat rentan terserang penyakit kulit. Penyakit kulit disebabkan oleh infeksi mikroorganisme. Mikroorganisme biasanya tumbuh di tempat yang lembab dengan sanitasi yang buruk. Kelompok mikroorganisme yang paling sering menginfeksi kulit manusia adalah jamur. Jamur sering menginfeksi bagian tubuh manusia yang hangat, lembab, dan kotor seperti pada kaki. Salah satu jamur yang sering menginfeksi bagian kaki adalah spesies *Trichophyton mentagrophytes*. Jamur ini dapat menyebabkan penyakit *Tinea pedis* (Kaki Atlet) pada selasela jari kaki. Tidak hanya menyerang kulit kaki, jamur ini juga menyebabkan *Tinea unguium* (Jamur kuku) pada kuku kaki (Farihatun et al.2018). Pengobatan yang ada untuk menghentikan infeksi dari jamur ini adalah dengan mengkonsumsi obat antijamur dan menjaga kebersihan kaki. Namun metode tersebut memerlukan waktu yang lama untuk menghentikan infeksi jamur tersebut. Berbagai upaya untuk menghasilkan metode pengobatan yang efektif tengah gencar dilakukan. Salah satu inovasi metode pengobatan adalah dengan memanfaatkan nanopartikel perak sebagai penghambat pertumbuhan jamur (Khatami et al, 2015).

Salah satu nanopartikel logam yang paling banyak diteliti adalah perak (Ag) karena aplikasinya yang luas termasuk pengobatan. Pada

bidang pengobatan nanopartikel Ag banyak digunakan sebagai antibakteri dan anti jamur. Nanopartikel Ag banyak digunakan dalam berbagai produk seperti pada tisu basah, kaos kaki, sabun, dan lain-lain). Interaksi logam perak dan makro molekul sel jamur memiliki kemampuan untuk merusak dinding sel, mengganggu metabolisme sel dan menghambat sintesis sel jamur (Rai et al, 2011).

Perkembangan teknologi saat ini memungkinkan untuk membuat partikel perak berskala nanometer. Partikel dengan skala 1- 100 nm disebut nanopartikel (Hosokawa dkk., 2007), untuk ukuran yang lebih besar berkisar 1-1000 nm disebut partikel koloid (Harahap, 2012) sedangkan untuk ukuran yang lebih besar lagi disebut partikel mikro. Nanopartikel perak yang berukuran kecil lebih reaktif dan mudah terionisasi dibanding dengan partikel perak yang berukuran besar. Rasio luas permukaan terhadap volume nanopartikel perak semakin besar dengan semakin kecilnya ukuran partikel (Abdullah et al., 2008).

Keunggulan nanopartikel perak juga telah diteliti oleh (Cho et al. 2005) yang mempelajari aktivitas antibakteri nanopartikel perak dan nanopartikel platina terhadap bakteri *S. aureus* dan *E. coli* dengan metode cawan difusi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri hanya teramat pada nanopartikel perak, sedangkan nanopartikel platina tidak menunjukkan penghambatan pertumbuhan bakteri.

Bryaskova et al. (2011) mengkaji aktivitas antibakteri dan antifungi dari nanopartikel perak dengan PVP sebagai stabilizer dan reduktor  $\text{NaBH}_4$ . Dalam penelitiannya Bryaskova et al. (2011) menyatakan bahwa nanopartikel perak mampu menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *B. subtilis* pada konsentrasi nanopartikel perak 0,015 mg/mL. Selain menghambat pertumbuhan bakteri, nanopartikel perak juga mampu menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*, *Candida krusei*, *Candida tropicalis*, *Candida glabrata* dan *Aspergillus brasiliensis* pada konsentrasi yang berbeda-beda.

Sintesis partikel perak dengan skala nanometer dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya metode elektrokimia, reduksi kimia, *ultrasonic irradiation*, fotokimia, dan sonokimia (Nursyamsi et al., 2015). Pada umumnya, metode sintesa nanopartikel perak membutuhkan agen pereduksi yang dapat membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsinya. Selain itu, limbah dari agen pereduksi berpotensi mencemari lingkungan (Cheon et al, 2011).

Saat ini terdapat alternatif metode dalam sintesa nanopartikel perak, yaitu dengan menggunakan metode elektrolisis. Sintesa dengan metode elektrolisis tidak membutuhkan agen pereduksi sehingga aman dikonsumsi oleh manusia. Metode elektrolisis menghasilkan nanopartikel dalam keadaan ion yaitu  $\text{Ag}^+$  yang lebih reaktif dalam menghambat pertumbuhan mikroba. Selain itu, metode ini cukup sederhana dan tidak membutuhkan

banyak peralatan sehingga biaya pembuatan partikel perak lebih murah (Cheon et al, 2011).

Aktivitas antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti konsentrasi nanopartikel perak, bentuk nanopartikel perak, ukuran nanopartikel perak, jenis bakteri, jumlah koloni bakteri dan waktu kontak nanopartikel perak dengan bakteri (Sondi et al., 2004). Ukuran nanopartikel perak akan mempengaruhi proses penetrasi kedalam sel bakteri.

Nanopartikel perak secara alami mengalami proses agregasi. Proses agregasi menyebabkan partikel perak saling menempel dan menjadi partikel perak yang lebih besar sehingga mencapai ukuran lebih besar dari nanopartikel perak. Partikel perak yang telah mengalami proses agregasi disebut dengan koloid perak (Alzoubi et al, 2013).

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian mengenai sintesis nanopartikel perak ionik dengan metode elektrolisis serta uji aktivitas antijamur terhadap *Trychophyton mentagrophytes*. Sintesis nanopartikel perak dengan metode elektrolisis mudah untuk dilakukan, tidak membutuhkan peralatan yang mahal, aman, serta dapat diaplikasikan dalam produksi skala massal (Cheon et al, 2011).

## **B. Identifikasi Masalah**

Dari latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Pembuatan nanopartikel perak ionik masih menggunakan agen pereduksi yang dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan manusia.
2. Karakteristik nanopartikel perak ionik yang dihasilkan dari metode elektrolisis belum diketahui.
3. Perlu diketahuinya kemampuan nanopartikel perak dalam menghambat pertumbuhan jamur *Trychophyton mentagrophytes*.

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, dalam penelitian ini permasalahan dibatasi pada:

1. Nanopartikel yang digunakan adalah nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik. Nanopartikel perak ionik yang dimaksud adalah nanopartikel perak sebelum mengalami proses agregasi berwarna bening. Koloid perak ionik yang dimaksud adalah nanopartikel perak setelah mengalami proses agregasi berwarna kuning.
2. Parameter elektrolisis yang digunakan dibatasi pada waktu berlangsungnya elektrolisis dan besar tegangan elektrolisis. Bahan perak yang digunakan yaitu AgBr.

### **D. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh tegangan elektrolisis dan lama waktu sintesa nanopartikel perak dengan metode elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan?
2. Bagaimana karakteristik dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik yang disintesa dengan metode elektrolisis?
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap diameter zona hambat pertumbuhan jamur *Trychophyton mentagrophytes*?

## **E. Tujuan Penelitian**

Bertolak dari perumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh tegangan elektrolisis dan lama waktu pembuatan nanopartikel perak dengan metode elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan.
2. Mengetahui karakteristik dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik yang disintesa dengan metode elektrolisis.
3. Mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap diameter zona hambat pertumbuhan jamur *Trychophyton mentagrophytes*.

## **F. Manfaat Penelitian**

Bila tujuan penelitian tercapai, berikut ini beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini:

1. Menghasilkan alternatif metode pembuatan nanopartikel dengan menggunakan metode elektrolisis.

2. Nanopartikel Ag dapat dijadikan salah satu alternatif senyawa antijamur.
3. Menghasilkan rujukan bagi penelitian selanjutnya yang relevan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Nanosains dan Nanoteknologi**

Nanosains adalah ilmu yang mempelajari berbagai gejala alam yang berukuran nanometer (Pristya, 2016). Dalam terminologi ilmiah, nano berarti satu per satu milyar (0,000000001). Nanoteknologi merupakan aplikasi dari nanosains dalam berbagai bidang kehidupan. Nanoteknologi didefinisikan sebagai desain, karakterisasi, produksi dan penerapan struktur, perangkat dan sistem dengan mengontrol bentuk dan ukuran pada skala nanometer (Haryono, 2008). Nanoteknologi dapat diaplikasikan di berbagai bidang, misalnya farmasi, pangan, teknologi informasi, pertanian, industri dan lain lain (Clunan, 2014).

Nanoteknologi merupakan pengetahuan dan kontrol material pada skala nano dalam dimensi antara 1-100 nanometer. Nanoteknologi merupakan fenomena unik yang dapat diaplikasikan dalam bidang teknologi informasi, farmasi dan kesehatan, pertanian dan industri. Nanoteknologi menghasilkan banyak produk berskala nanometer, salah satunya nanopartikel. Nanopartikel menjadi bahan penelitian yang sangat menarik, material yang berukuran nano biasanya memiliki partikel dengan sifat kimia atau fisika yang lebih unggul dari material yang berukuran besar (C. R. Vestal et al. 2004). Dua hal utama yang membuat

nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*) yaitu:

1. Nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain. Kedua adalah perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbang pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia (Abdullah M., et al., 2008).
2. Ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum. Fenomena kuantum mengakibatkan keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Hal ini berimbang pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Perubahan-perubahan tersebut dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenis dalam keadaan bulk (Abdullah M., et al., 2008).

Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah maupun buatan dan dapat dilakukan dalam fasa padat, cair, maupun gas. Proses sintesis dapat berlangsung secara fisika maupun kimia. Pada proses sintesis secara fisika

material besar mengalami pemecahan menjadi material berukuran nanometer secara mekanik. Sintesis secara kimia melibatkan reaksi kimia dari material awal yang mengalami reduksi ukuran partikelnya sehingga dihasilkan material yang berukuran nanometer (Abdullah et al.,2008)

## B. Perak

Perak atau dalam bahasa latinnya adalah *argentum* (Ag) adalah unsur logam dengan nomor atom 47 dan massa atom 107,8682 g/mol. Konfigurasi elektronnya adalah [Kr] 5s<sup>1</sup> 4d<sup>10</sup>. Rapatannya sekitar 10,5 g/mL dan melebur pada suhu 960,5 °C. Perak memiliki 4 jenis keadaan oksidasi yaitu, Ag<sup>0</sup>, Ag<sup>+</sup>, Ag<sup>+2</sup>, Ag<sup>+3</sup>. Perak pada keadaan Ag<sup>0</sup> dan Ag<sup>+</sup>, sangat melimpah jumlah partikelnya dan lebih stabil, sedangkan pada Ag<sup>+2</sup> dan Ag<sup>+3</sup> cenderung mudah bereaksi dengan unsur lain terutama dalam lingkungan air (McGraw-Hill, 2002). Perak memiliki konduktivitas yang baik, sifat katalitik dan memiliki aktivitas antimikroba (McGraw-Hill, 2002).

Perak adalah logam transisi yang dapat melakukan beberapa proses oksidasi dan dapat mengoksidasi zat lain. Perak umumnya digunakan karena salah satu sifatnya yang bertoksik rendah. Ion perak bersifat netral dalam air, tahan asam, garam, dan berbasis lemah. Stabilitas perak sangat baik terhadap panas dan cahaya. Perak memiliki banyak bentuk senyawa diantaranya, perak nitrat (AgNO<sub>3</sub>), perak sianida (AgCN), perak klorida

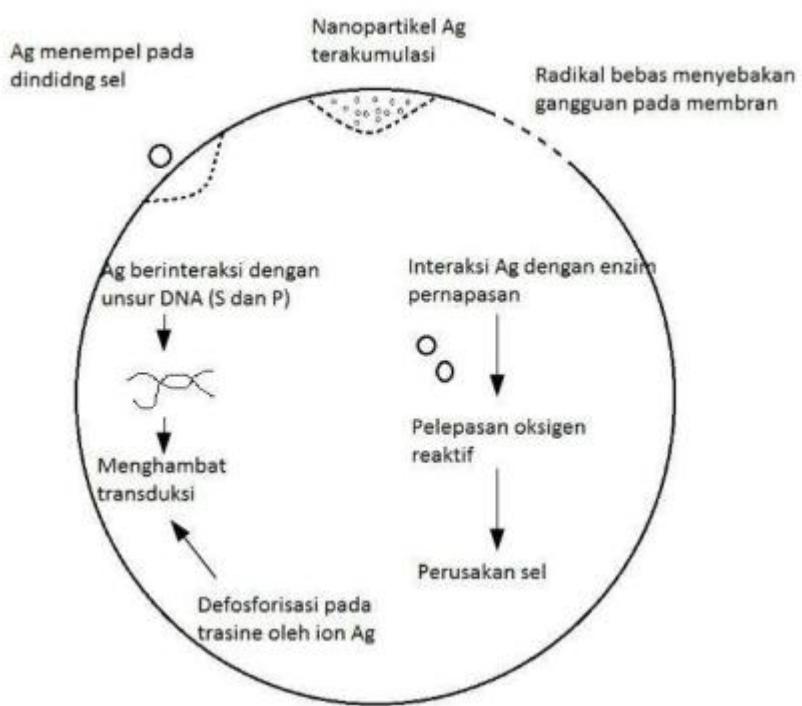
(AgCl), perak bromida (AgBr), perak iodida (AgI), perak sulfida (Ag<sub>2</sub>S), perak oksida (Ag<sub>2</sub>O) (McGraw-Hill, 2002).

### **C. Nanopartikel Perak**

Nanopartikel yang berbahan dasar logam menjadi material yang sedang popular belakangan ini. Sifat logam yang mampu menjadi agen anti mikroba banyak dimanfaatkan sebagai tambahan dalam pembuatan alat-alat kesehatan. Salah satu logam yang menarik diteliti sebagai nanopartikel adalah perak. Perak memiliki efek toksik bagi beberapa mikroba. Kombinasi nanopartikel berbahan dasar logam perak akan meningkatkan kemampuan antimikroba patogen (Nalawati, AN. 2015).

Nanopartikel perak merupakan salah satu produk berbasis nanoteknologi. Saat ini, nanopartikel perak telah banyak disintesis dan sedang dilakukan berbagai penelitian tentang sifat-sifatnya. Salah satu keunggulan dari segi sintesis nanopartikel perak adalah harganya yang cukup murah dan relatif mudah untuk disintesis. Nanopartikel perak memiliki banyak manfaat diberbagai bidang kehidupan manusia, terutama agen antimikroba sehingga sering digunakan pada industri medis dan pangan. Nanopartikel perak dapat melekat pada sel mikroorganisme sehingga mengganggu permeabilitas dinding sel serta respirasi sel mikroorganisme. Selain itu, nanopartikel perak juga dapat menembus dinding sel sehingga menyebabkan kerusakan pada organ dalam sel. Di dalam sel nanopartikel perak dapat bereaksi dengan senyawa yang mengandung sulfur dan fosfor, seperti DNA dan protein yang terdapat

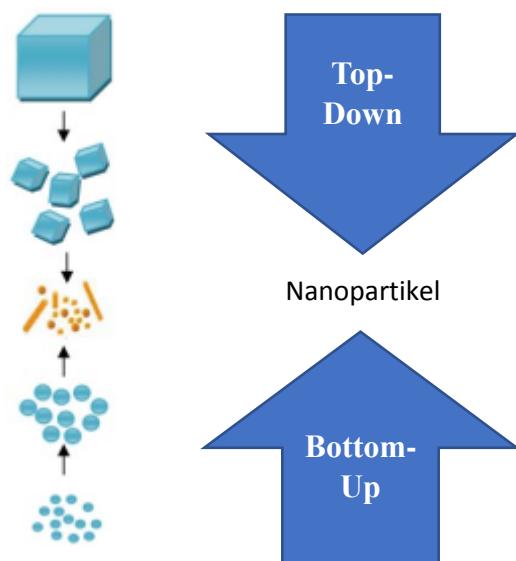
dalam sel (Geoprincy, 2012). Nanopartikel perak telah banyak digunakan karena menunjukkan toksisitas rendah terhadap sel mamalia (Haryono A. et al, 2008). Berdasarkan kegunaannya sebagai agen antibakteri, nanopartikel perak yang dihasilkan dapat diaplikasikan sebagai lapisan antibakteri penyebab luka infeksi. Penyembuhan luka dalam waktu yang lama dapat diakibatkan karena terinfeksi bakteri, borok-borok akibat penyakit diabetes, luka bernanah dan keluarnya cairan luka karena terinfeksi bakteri.



**Gambar 1.** Skema nanopartikel perak dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Prabhu dan Poulose, 2012)

Gambar 1 menunjukkan mekanisme nanopartikel perak dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Nanopartikel perak mempunyai

kemampuan untuk menempel pada dinding sel bakteri setelah itu menembusnya. Akumulasi nanopartikel perak yang menembus dinding sel menyebabkan perubahan struktural pada membran sel sehingga menimbulkan gangguan pada permeabilitas membran sel. Gangguan permeabilitas membran sel menimbulkan pembentukan lubang pada permukaan sel. Sel-sel mayoritas terdiri dari belerang dan fosfor yang merupakan basa lunak. Nanopartikel perak yang menembus membran sel mudah bereaksi dengan belerang dan fosfor dalam sel sehingga menghambat replikasi dari DNA sel bakteri sehingga menimbulkan kematian dari sel tersebut.



**Gambar 2.** Sintesis nanopartikel top-down dan bottom up (Abdullah, M.,2008).

Secara umum, sintesis nanopartikel perak dikelompokkan menjadi dua pendekatan seperti Gambar 2. Pendekatan pertama adalah memecah

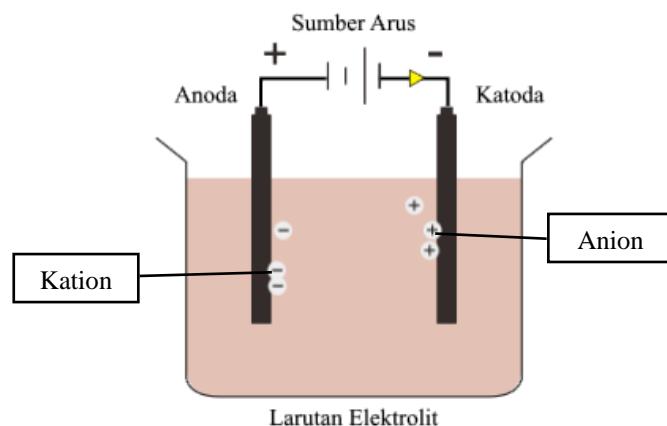
partikel berukuran besar menjadi partikel nano. Pendekatan ini disebut pendekatan *top-down*. Pendekatan kedua membentuk dari atom-atom atau molekul molekul yang membentuk partikel nano yang dikehendaki. Pendekatan ini disebut *bottom-up* (Abdullah, M.,2008).

Pada umumnya sintesis nanopartikel logam seperti Ag, Au, dan Cu secara kimia menggunakan garam, yang membutuhkan tambahan proses pencucian, filtrasi, pengeringan dan re-dispersi di pelarut lain setelah sintesis (Je Min Cheon et al., 2011). Menurut Je Min Cheon, 2011 nanopartikel logam dapat disintesis dalam skala massal dengan menggunakan sel elektrolisis. Dengan metode ini ion perak secara langsung diekstrak dari batang perak kemudian diubah menjadi nanopartikel oleh agen pereduksi. Metode ini menghindari tambahan proses pencucian, filtrasi, pengeringan dan re-dispersi di pelarut lain setelah sintesis yang limbahnya dapat mencemari lingkungan. Sintesis nanopartikel perak dengan metode elektrolisis akan mengurangi biaya sintesis nanopartikel perak tanpa menggunakan bahan dan peralatan yang mahal. (Cheon et al., 2011).

#### **D. Metode Elektrolisis**

Elektrolisis merupakan salah satu cabang dari elektrokimia. elektrolisis adalah suatu peristiwa peruraian dari larutan elektrolit karena dialiri arus listrik searah sehingga terbentuk senyawa baru. Dalam hal ini ion-ion positif akan bergerak ke katoda sedang ion-ion negatifnya akan

bergerak ke anoda. Anoda merupakan elektroda yang mengalami reaksi oksidasi. Katoda merupakan elektroda yang mengalami reduksi. Anoda pada proses elektrolisis bertindak sebagai kutub positif. Katoda pada proses elektrolisis bertindak sebagai kutub negatif. Arus listrik mengalir berlawanan dengan arah pergerakan elektron (Bassett, 1994).



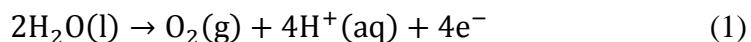
**Gambar 3.** Skema elektrolisis (Harahap, 2016)

Pada Gambar 3, katoda dan anoda masing-masing akan mengikat dan melepaskan elektron. Arus listrik searah mengalir dari kutub positif sumber tegangan menuju anoda lalu masuk ke larutan elektrolit, sehingga larutan elektrolit akan mengalami ionisasi. Setelah larutan elektrolit mengalami ionisasi, ion-ion positif akan bergerak ke arah katoda. Katoda akan menangkap elektron sesuai dengan muatannya, sehingga ion-ion tersebut akan membentuk suatu atom dan menempel atau mengendap di katoda. Ion-ion negatif dari larutan elektrolit akan berikatan dengan ion

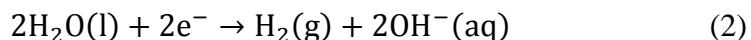
positif dari anoda dan membentuk senyawa yang sama dengan semula (Suprabowo, 1988).

Umumnya air adalah pelarut (solven) yang baik untuk senyawa ion dan larutan air yang mengandung zat-zat tertentu akan mempunyai sifat-sifat yang khas, salah satunya adalah dapat menghantarkan arus listrik. Ketika zat larut dalam air, ion-ion yang tadinya terikat kuat dalam zat padatnya akan lepas dan melayang-layang bebas satu dengan yang lain dalam larutan. Senyawa dikatakan telah terdisosiasi atau melepaskan diri menghasilkan ion-ion. Oleh karena adanya ion-ion bebas inilah yang menyebabkan larutan menjadi konduktor listrik (Brady, 2008)

Reaksi oksidasi air adalah

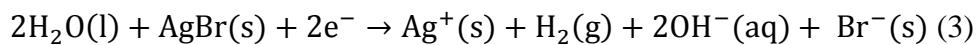


Reaksi reduksi air adalah



Ketika elektrolisis terjadi dalam larutan air maka- ada kemungkinan terjadi reaksi oksidasi dan reduksi air sama dengan reaksi oksidasi dan reduksi zat terlarut. Dengan perkataan lain, pada setiap elektrode terjadi perebutan reaksi. Pada anode kemungkinan terjadi oksidasi air atau anion dan pada katode kemungkinan terjadi reduksi air atau kation.

Proses elektrolisis pada batang perak AgBr akan menguraikan atom-atom batang perak menjadi ion-ion perak. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi yang menghasilkan ion  $\text{Ag}^+$ .

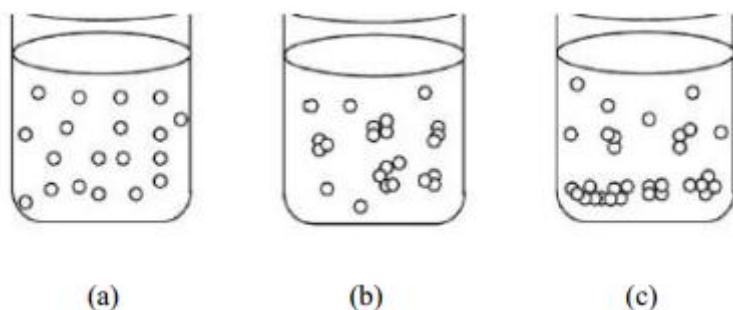


Pada katoda terjadi penggumpalan partikel perak yang disebabkan oleh deposisi ion  $\text{Ag}^+$  menuju ke katoda. Penggantian polaritas secara berkala mengurangi jumlah ion yang terdeposisi sehingga pembentukan ion  $\text{Ag}^+$  dapat optimal. Pada saat yang sama gas hidrogen terbentuk akibat dari proses elektrolisis air. Metode elektrolisis dapat digunakan dalam pembuatan nanopartikel perak. Ukuran partikel dapat dikontrol dengan mengatur parameter elektrolisis seperti jarak antar elektroda, tegangan, elektrolisis, lama waktu pembuatan, dan tinggi elektroda tercelup dan untuk meningkatkan homogenitas dari nanopartikel perak dengan mengubah komposisi dari larutan elektrolit (Iravani et al, 2013).

#### **E. Koloid Perak Ionik**

Koloid perak ionik merupakan larutan nanopartikel perak ionik yang mengalami proses agregasi. Agregasi merupakan proses terjadinya pengelompokan partikel dalam larutan. Partikel padat (nanopartikel) yang terdispersi dalam fase cair menempel satu sama lain secara spontan membentuk kumpulan partikel tak beraturan seperti kluster flok atau aggregat (Khalil, 2015). Partikel yang pada penelitian ini merupakan nanopartikel perak ionik yang terdispersi dalam aquades, pada nanopartikel perak ionik terjadi *dipole* permanen dan dipole terinduksi diantara partikel-partikel yang saling berdekatan sehingga mengalami agregasi karena adanya gaya tarik van der waals. Gerak acak partikel dalam larutan membuka kemungkinan terjadinya tumbukan antar partikel dan tumbukan ini yang menjadi pemicu terjadinya gaya van der waals.

Bila partikel satu dengan partikel yang lain saling bertumbukan terbuka kemungkinan satu pertikel melekat dengan partikel yang lain karena adanya gaya tarik van der waals, sehingga terjadi agregasi (Atisah, 2016).



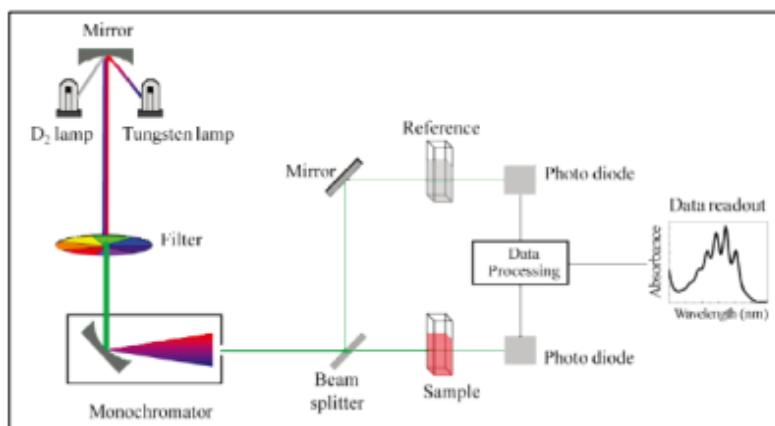
**Gambar 4.** Jenis -jenis larutan (a) larutan stabil (b) larutan mengalami agregasi (c) larutan mengalami sedimentasi (Atisah, 2016)

Gambar 4 menunjukkan ilustrasi jenis larutan stabil, larutan yang mengalami agregasi dan larutan yang mengalami sedimentasi. Agregasi partikel menyebabkan ukuran partikel menjadi besar. Agregasi juga mengindikasikan kecilnya gaya tolak antar partikel . kondisi seperti ini menyebabkan agregat yang terbentuk tidak memiliki daya tahan terhadap gravitasi bumi, sehingga partikel agregat mengalami sedimentasi (Atisah, 2016)

#### **F. Spektrofotometer UV-Vis**

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Sampel yang dapat dianalisis dengan spektrofotometri UV-Vis yaitu zat dalam bentuk larutan dan sampel yang tampak berwarna

maupun berwarna. Cahaya yang digunakan dalam instrumen ini dapat berupa cahaya tampak dan sinar ultraviolet. Spektrofotometer UV-Vis adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur energi jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. (Bakir, 2011). Spektrum sinar ultraviolet berada pada rentang 190 nm sampai 400 nm dan spektrum sinar tampak berada pada rentang 400 nm sampai 800 nm. Spektrofotometer Uv-Vis digunakan untuk mengkaji sifat absorpsi material dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (mulai sekitar 200 nm) hingga mencakup semua panjang gelombang cahaya tampak (sampai sekitar 800 nm). Spektrofotometer ultraviolet – visibel digunakan untuk analisis kualitatif ataupun kuantitatif suatu senyawa (Fessenden dan Fessenden, 1986)



**Gambar 5.** Skema Spektrofotometer UV-Vis (Suhartati, 2017)

Spektrofotometer digunakan untuk mengukur besarnya energi yang diabsorbsi atau ditransmisikan. Terdapat beberapa faktor yang

mempengaruhi spektrum serapan pada sampel, yaitu jenis pelarut, pH larutan, dan konsentrasi larutan.

Berdasarkan Gambar 5 prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis adalah cahaya polikromatis dari sumber radiasi dilewatkan pada filter dan diteruskan menuju monokromator untuk memecahkan cahaya dengan berbagai panjang gelombang. Cahaya dari monokromator akan melewati sebuah celah dengan meloloskan panjang gelombang tertentu. Kemudian *beam splitter* yang akan membagi cahaya menjadi dua bagian. Masing-masing berkas cahaya yang dipantulkan akan melewati kuvet berisi larutan referensi (berisi pelarut dari larutan uji) dan kuvet berisi larutan uji, kemudian berkas cahaya yang melewati kedua kuvet ini dideteksi oleh detektor. Detektor akan menangkap cahaya tersebut dan mengubahnya menjadi spektrum yang diwujudkan dalam bentuk puncak pada panjang gelombang tertentu (Sastrohamidjojo, 2013)

Proses terjadinya absorbansi cahaya pada spektrofotometer mengacu pada Hukum Lambert-Beer.

$$A = \varepsilon c l \quad (4)$$

Dimana:

$A$  = absorbansi

$\varepsilon$  = absorptivas molar ( $M^{-1}cm^{-1}$ )

$l$  = tebal lintasan optik ( $cm$ )

$c$  = konsentrasi larutan ( $M$ )

Ketika cahaya monokromatis mengenai suatu media (larutan) maka sebagian cahaya tersebut akan diserap, sebagian akan dipantulkan, dan sebagian akan diteruskan. Jika suatu molekul dalam larutan tertentu menyerap energi dari cahaya UV dan cahaya tampak maka bagian dari molekul yang paling cepat bereaksi dengan sinar tersebut adalah elektron-elektron ikatan dan elektron-elektron nonikatan (elektron bebas). Sinar ultraviolet dan sinar tampak merupakan energi, yang bila mengenai elektron-elektron tersebut, maka elektron akan tereksitasi dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi, eksitasi elektron-elektron ini, direkam dalam bentuk spektrum yang dinyatakan sebagai panjang gelombang dan absorbansi, sesuai dengan jenis elektron-elektron yang terdapat dalam molekul yang dianalisis. Makin mudah elektron-elektron bereksitasi makin besar panjang gelombang yang diabsorbsi, makin banyak elektron yang bereksitasi makin tinggi absorban, eksitasi elektron sendiri disebut transisi elektronik (Suhartati, 2017)

Nanopartikel perak memiliki absorbsi yang kuat pada panjang gelombang 400 – 500 nm (Solomon et al, 2007). Selain untuk mengetahui ada tidaknya kandungan perak, data hasil spektrofotometer UV-Vis juga digunakan untuk menentukan ukuran partikel. Penelitian yang telah dilakukan oleh solomon menunjukkan hasil hubungan antara panjang gelombang dengan ukuran partikel dengan hasil serapan panjang gelombang UV-Vis dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan ukuran partikel terhadap panjang gelombang partikel (Solomon et al, 2007)

| Panjang Gelombang (nm) | Ukuran Partikel (nm) |
|------------------------|----------------------|
| 395-405                | 10-14                |
| 420                    | 35-50                |
| 438                    | 60-80                |

## G. Dermatofitosis

Dermatofitosis adalah infeksi jamur superfisial disebabkan oleh dermatofita. Dermatofita memiliki kemampuan untuk melekat pada jaringan keratin dan menggunakannya sebagai sumber nutrisi, dengan menyerang jaringan berkeratin, seperti stratum korneum pada epidermis, rambut, dan kuku (Verma, 2008). Dermatofita merupakan kelompok taksonomi jamur kulit superfisial. Yang terdiri dari tiga genus, yaitu *Microsporum*, *Trichophyton*, dan *Epidermophyton* (Djuanda, 2010). Kemampuannya untuk membentuk ikatan molekuler terhadap keratin dan menggunakannya sebagai sumber makanan menyebabkan mereka mampu berkolonisasi pada jaringan keratin (Koksal, 2009). Spesies dari *Microsporum* dan *Trichophyton* dapat menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan. Dermatofitosis dapat ditularkan dari hewan kemanusia, lingkungan ke manusia, dan manusia ke manusia. Dermatofita tumbuh di lingkungan hangat dan lembab, umumnya dapat ditemukan di daerah tropis dan sub tropis.

Jamur yang menginfeksi jaringan keratin manusia mempunyai masa inkubasi satu sampai dua minggu. Gejala dermatofitosis berbeda-beda,

tergantung pada organisme yang menginfeksi, jaringan yang terpengaruh dan bagian tubuh yang terpengaruh. Pada manusia dematofitosis disebut sebagai infeksi *tinea* dan dinamai menurut bagian tubuh yang terinfeksi.

Infeksi *tinea* yang sering menginfeksi manusia yaitu (CDC, 2005):

1. *Tinea capititis*

*Tinea capititis* adalah infeksi dermatofit pada rambut dan kulit kepala, infeksi ini banyak terjadi di anak kecil.

2. *Tinea corporis*

*Tinea corporis* atau *ring worm* adalah infeksi dermatofit pada daerah badan dan wajah. Penyakit ini mudah menyebar ke leher dan pergelangan tangan orang dewasa yang bersentuhan dengan anak-anak yang terinfeksi.

3. *Tinea Faciei dan tinea barbae*

*Tinea Faciei* dan *tinea barbae* adalah infeksi dermatofit pada bagian wajah. Infeksi ini sering ditularkan dari hewan peliharaan atau hewan ternak.

4. *Tinea Crucis*

*Tinea Crucis* adalah infeksi dermatofit pada bagian selangkangan dan area di sekitarnya.

5. *Tinea Pedis*

*Tinea Pedis* atau lebih sering disebut penyakit kaki atlit adalah infeksi dermatofit pada bagian kaki .

6. *Tinea unguium*

*Tinea unguium* atau *onchomycosis* adalah infeksi dermatofit pada bagian kuku kaki .

#### **H. *Trychophyton mentagrophytes***

*Trychophyton mentagrophytes* merupakan dermatofita penyebab infeksi tinea paling banyak kedua setelah *Trychophyton rubrum* (Sobera, 2008). *Trychophyton mentagrophytes* memiliki ciri silinder, clavate, dan makrokonidia halus. Morfologi mikroskopis pada *Trychophyton mentagrophytes* adalah memiliki hifa spiral, mikrokonidia yang bergerombol dan berbentuk cerutu. Koloninya berwarna putih hingga krem dengan permukaan seperti tumpukan kapas. *Trychophyton mentagrophytes* merupakan jamur filamentous yang menyerang kulit yang menggunakan keratin sebagai nutrisinya. Foto morfologi dan sketsa mikroskopis dari jamur *Trychophyton mentagrophytes* dapat diamati pada Gambar 6.



**Gambar 6.** (Kanan) Morfologi dan (kiri) Skema mikroskopik *Trychophyton mentagrophytes* (Sobera, 2008)

Taksonomi dari *Trychophyton mentagrophytes*, yaitu:

Kerajaan : Fungi

|          |                                      |
|----------|--------------------------------------|
| Filum    | : Ascomycota                         |
| Kelas    | : Euascomycetes                      |
| Bangsa   | : Onygenales                         |
| Keluarga | : Arthrodermataceae                  |
| Suku     | : <i>Trychophyton</i>                |
| Jenis    | : <i>Trychophyton mentagrophytes</i> |

## I. Metode *Disk Diffusion*

Zat antibakteri adalah zat yang dapat mengganggu proses pertumbuhan dan metabolisme melalui mekanisme penghambatan pertumbuhan bakteri (Pelczar, 1986). Uji aktivitas antibakteri bertujuan untuk mengetahui batas kepekaan suatu senyawa antibakteri terhadap suatu bakteri tertentu. Uji aktivitas antibakteri dapat dilakukan dengan metode dilusi dan metode difusi. Prinsip metode dilusi adalah senyawa antibakteri diencerkan hingga diperoleh beberapa macam konsentrasi, kemudian masing-masing konsentrasi ditambahkan suspensi bakteri uji dalam media cair, setelah diinkubasi maka pertumbuhan bisa diamati dengan adanya kekeruhan atau tidak pada larutan tersebut (Pratiwi, 2008). Prinsip metode difusi adalah dengan melihat zona bening yang terbentuk oleh zat antibakteri dalam media padat yang sudah ditanami bakteri. Metode difusi yang paling sering digunakan adalah metode *disc diffusion*. Metode *disc diffusion* menggunakan cakram yang berfungsi sebagai tempat berisi antibakteri, kemudian cakram tersebut diletakkan pada media

agar yang telah ditanami bakteri yang akan berdifusi pada media agar atau media padat, pada proses ini kemudian akan terbentuk zona bening yang nantinya dapat diukur. Menurut Bauer terdapat dua macam zona yang terbentuk (Bauer, 1966).

1. Zona radikal

Zona radikal merupakan daerah yang tidak ditemukan adanya pertumbuhan bakteri disekeliling cakram. Aktivitas antibakteri dapat diukur pada diameter zona radikal.

2. Zona irradikal

Zona irradikal merupakan daerah yang terdapat pertumbuhan bakteri di sekeliling cakram.

Uji *disc diffusion* diamati dengan mengukur diameter zona radikal atau zona bening yang memperlihatkan tidak adanya pertumbuhan bakteri disekeliling cakram. Zona bening tersebut dapat diukur dengan menggunakan jangka sorong, keadaan tersebut merupakan indikasi adanya respon penghambatan pertumbuhan bakteri. Respon zona bening dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Elgayyar, 2000).

**Tabel 2.** Kategori Respon zona bening (Elgayyar)

| Diameter Zona bening | Kategori Respon |
|----------------------|-----------------|
| >11 mm               | Kuat            |
| 6-11 mm              | Sedang          |
| <6 mm                | Rendah          |

## **J. Kerangka Berpikir**

Penyebab infeksi penyakit kulit pada umumnya adalah jamur. Masalah jamur pada kaki masih sering dijumpai di Indonesia. Faktor lingkungan dan kebiasaan manusia mendukung perkembangan jamur yang tumbuh di tempat yang lembab dan hangat. Salah satu jamur yang sering tumbuh di kaki manusia adalah jenis *Trychophyton mentagrophytes*. Banyak pengobatan yang ditawarkan untuk menyembuhkan infeksi jamur tersebut. Salah satu alternatifnya adalah dengan memanfaatkan perak sebagai bahan antijamur. Perak sebagai bahan antijamur dapat dimaksimalkan potensinya dengan mengubah partikel *bulk* perak menjadi nanopartikel. Nanopartikel dapat dibuat dengan berbagai macam metode. Metode yang paling sederhana dan murah adalah dengan menggunakan elektrolisis untuk menghasilkan nanopartikel perak yang bersifat ionik. Nanopartikel yang telah dibuat dengan metode elektrolisis kemudian diuji menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan mencocokan hasil puncak serapan panjang gelombang yang dihasilkan dengan data penelitian Solomon pada tahun 2017 untuk mengetahui ukuran dari nanopartikel perak yang telah dihasilkan. Penyimpanan nanopartikel perak ionik berpengaruh terhadap proses agregasi yang terjadi pada nanopartikel perak ionik. Proses agregasi terjadi sehingga nanopartikel perak ionik mencapai kestabilan koloid dan menjadi koloid perak ionik. Proses agregasi membuat ukuran partikel koloid perak ionik yang dihasilkan lebih besar

dibandingkan dengan nanopartikel perak ionik berdasarkan hasil uji spektrofotometri UV-Vis dan *fitting* (pencocokan) terhadap penelitian Solomon tahun 2017.

Penelitian ini membandingkan kemampuan daya hambat nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dalam menghambat pertumbuhan jamur *Trychophyton mentagrophytes*. Metode yang digunakan untuk menguji daya hambat nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik adalah metode *disk diffusion* dengan menggunakan kertas cakram.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 12 Maret – 28 Mei 2018 . Proses pembuatan larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dilakukan pada tanggal 12 – 23 Maret 2018 . Pengujian nanopartikel dan koloid perak ionik dilakukan pada tanggal 15 - 28 Mei 2018 . Pembuatan nanopartikel perak dilakukan di Laboratorium Koloid Jurusan Pendidikan Fisika dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

#### **B. Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap pertumbuhan jamur *Trychophyton mentagrophytes*.

#### **A. Variabel Penelitian**

Dalam penelitian ini, terdapat tiga tahap penelitian. Variabel penelitian yang muncul disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Variabel penelitian

|                  | <b>Sintesis</b>   |  | <b>Karakterisasi</b>  | <b>Aplikasi</b>   |
|------------------|---|--|---|---|
| Variabel bebas   | Tegangan elektrolisis   | Lama waktu elektrolisis  | Konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik       | Konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik |
| Variabel terikat | Konsentrasi nanopartikel perak ionik  | Konsentrasi nanopartikel perak ionik   | Panjang gelombang pada puncak absorbans dan konduktivitas listrik | Diameter zona hambat  |
| Variabel kontrol | Volume akuades, suhu ruangan, jarak antar elektroda, batang perak yang digunakan, dan lama waktu pembuatan elektrolisis | Volume akuades, suhu ruangan, jarak antar elektroda, jenis perak yang digunakan, dan tegangan elektrolisis | -   | Konsentrasi jamur, lama waktu inkubasi, dan suhu inkubasi   |

## **B. Alat dan Bahan Penelitian**

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan baik dalam pengambilan maupun pengolahan data.

### 1. Alat-alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. kabel 1 m (3 buah)
- b. multimeter digital (1 buah)
- c. *power supply 25V DC* (2 buah)
- d. gelas 300 ml (1 buah)
- e. triplek 10x10x1 cm<sup>3</sup> (1 buah)
- f. *beaker glass* 500 ml (3 buah)
- g. gelas ukur 50 ml (2 buah)
- h. neraca digital 0,001 g (1 set)
- i. botol kaca gelap 300 ml (2 buah)
- j. botol sampel 15 ml (12 buah)
- k. cawan petri (11 buah)
- l. autoclave 200 psi (1 set)
- m. shaker 400 rpm (1 set)
- n. oven 80 L (1 set)
- o. magnetic stirer 300°C HaijuLab (1 set)
- p. drigalsky/spreader (2 buah)
- q. jarum ose (2 buah)
- r. sarung tangan (2 pasang)

- s. bunsen (2 buah)
- t. jangka sorong (1 buah)
- u. mikropipet 1-1000  $\mu\text{l}$  Pipetman (1 set)
- v. colony counter (1 set)
- w. TDS/EC meter Digital Aid (1 set)
- x. Uv-Vis Spectrofotometer Shimadzu 2550 (1 set)

## 2. Bahan-bahan Penelitian

- a. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan nanopartikel dan koloid perak ionik adalah sebagai berikut:
  - 1) Batang AgBr 99% dengan diameter 4 mm dan tinggi 12 cm
  - 2) Akuades (1 liter)
- b. Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian aktivitas antijamur adalah sebagai berikut:
  - 3) kultur murni jamur Tychophyton mentagrophytes (1 buah)
  - 4) akuades (2 liter)
  - 5) kertas saring (1 lembar)
  - 6) alkohol 70% (250 ml)
  - 7) larutan nanopartikel perak ionik (10 ppm, 20 ppm, 30 ppm ,40 ppm, dan 50 ppm) (15 ml)
  - 8) larutan koloid perak ionik (10 ppm, 20 ppm, 30 ppm ,40 ppm, dan 50 ppm) (15 ml)
  - 9) kentang (200 g)

10) PDA (Potato Dextrose Agar) (9 g)

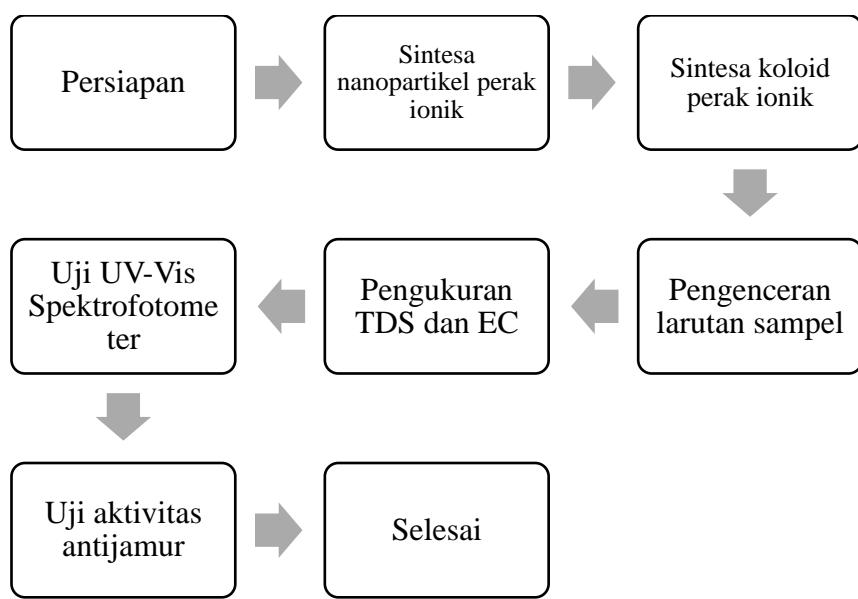
11) Dextrose (1 g)

12) Chlorofenicol (4 mg)

13) Antijamur (10 g)

### C. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Diagram Alir Penelitian

### D. Teknik Pengambilan Data

#### 1. Pembuatan larutan sampel

Pembuatan larutan nanopartikel perak dan koloid perak ionik dalam penelitian ini menggunakan metode elektrolisis. Metode ini menggunakan batang perak sebagai kedua elektroda. Kedua elektroda dihubungkan dengan sumber arus searah (DC) dan dicelupkan sampai

dengan 9 cm sehingga tidak tercelup dengan kabel penghubungnya. Untuk mengetahui pengaruh tegangan pada hasil elektrolisis, tegangan pada sumber arus searah digunakan variasi 40 V DC dan 45 V DC. Pada metode ini menggunakan larutan akuades 200 ml sebagai larutan elektrolit, jarak antar elektroda 1 cm, dan panjang elektroda yang tercelup 10 cm . Selama proses elektrolisis, polaritas kutub dari elektroda rutin diganti setiap 10 menit serta dibersihkan menggunakan amplas untuk mencegah penggumpalan. Keseluruhan proses elektrolisis berlangsung selama 130 menit. Untuk mendapatkan larutan yang mempunyai konsentrasi tinggi. Setelah dielektrolisis larutan lalu diuapkan dari volume 200 ml menjadi 100 ml. Kedua larutan disimpan di botol kaca gelap dan di tempat yang gelap untuk menghindari terjadinya fotoaktivasi. Proses penyimpanan larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik menjadi pembeda kedua larutan tersebut. Larutan koloid perak ionik dibiarkan selama satu bulan sehingga mengalami proses agregasi.

## 2. Pengenceran dan Pengukuran EC

Pengenceran sampel bertujuan untuk membuat sampel dengan konsentrasi yang berbeda. Larutan yang digunakan menggunakan hasil elektrolisis menggunakan tegangan 45 V DC. Larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik diencerkan sehingga memiliki konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm.

Pengenceran dilakukan dengan mencampurkan larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dengan akuades. Perbandingan komposisi sampel dan akuades didapatkan melalui persamaan berikut.

$$m_1 V_1 = m_2 V_2 \quad (5)$$

Dimana  $m_1$  adalah konsentrasi larutan dan  $V_1$  adalah volume sampel yang dibutuhkan.  $m_2$  adalah konsentrasi sampel yang diinginkan  $V_2$  merupakan volume sampel yang diinginkan. Volume yang diinginkan pada sampel sebanyak 15 ml.

Setiap konsentrasi diukur menggunakan TDS meter untuk mengetahui konsentrasi larutan dalam satuan *part per million* (ppm). Setelah itu sampel diukur dengan menggunakan EC meter untuk mengetahui konduktivitas listrik sampel tersebut. Pengukuran konsentrasi dan konduktivitas listrik sampel dilakukan segera setelah pengenceran. Sehingga dapat langsung disimpan di tempat gelap untuk menghindari proses agregasi dan foto aktivasi lebih lanjut. Pengukuran dilakukan dengan mencelupkan batang elektroda TDS meter dan EC meter dalam larutan sampel nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik pada setiap konsentrasinya. Sebelum pengukuran dilakukan elektroda dari TDS meter dan EC meter dibersihkan menggunakan akuades untuk menghindari kontaminasi dari zat lain selain sampel yang akan di uji.

### 3. Uji Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi hasil sintesis dengan menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UNY. Larutan yang mengandung nanopartikel perak dimasukkan kedalam kuvet. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 200-800 nm.

Pengujian spektrofotometer UV-Vis pada sampel bertujuan untuk mengkonfirmasi pembentukan dan rentang ukuran nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik melalui absorbansi panjang gelombang yang dihasilkan. Sampel yang telah diencerkan sehingga terbentuk 5 konsentrasi nanopartikel perak ionik dan 5 konsentrasi koloid perak ionik di uji secara terpisah. Pengujian sampel menggunakan akuades sebagai larutan referensi (blangko).

#### 4. Pengujian aktivitas sampel

##### a. Pembuatan media *Potato Dextrose Broth* dan *Potato Dextrose Agar*

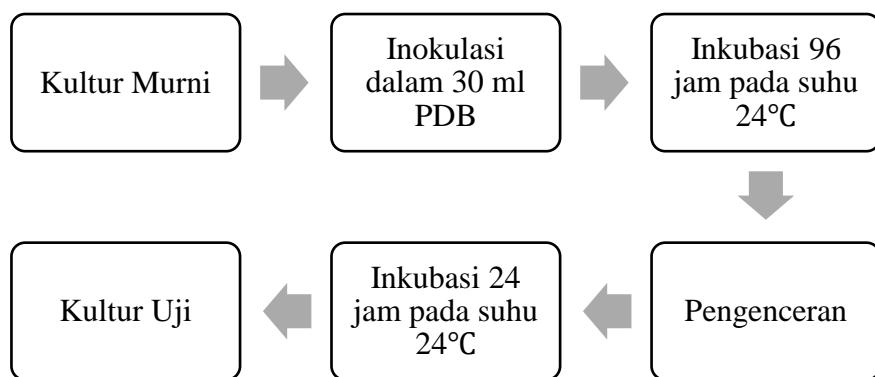
Media cair *Potato Dextrose Broth* (PDB) dibuat dengan merebus 200 g kentang yang telah dikupas dan dipotong dengan 500 ml akuades selama 1 jam untuk mendapatkan sarinya. Kemudian mengaduk dan memanaskan sari hasil rebusan kentang dengan 10 g dextrose dan 2 mg chlorofenicol dalam 500 ml beaker glass menggunakan magnetic stirer sampai dengan suhu 100°C

Media *Padat Potato Dextrose Agar* (PDA) di buat dengan mencampur 19 g bubuk PDA dalam 500 ml akuades kemudian

mengaduk dan memanaskan larutan PDA di magnetic stirer sampai dengan suhu 100°C. Mensterilkan PDA dan PDB dengan autoclave pada suhu 121°C. Setelah selesai proses autoclave, menuangkan 20 ml PDA ke cawan petri.

b. Persiapan kultur uji

Menginokulasikan 2 ose kultur murni jamur *Trychophyton mentagrophytes* kedalam 30 ml PDB secara aseptik. Kultur uji kemudian di inkubasi selama 96 jam pada suhu 24°C dengan. Inkubasi dilakukan dengan menggunakan shaker dengan kecepatan 120 rpm. Melakukan pengenceran kultur uji dengan mengambil 1 ml menggunakan mikropipet dalam 30 ml PDB secara aseptik. Menginkubasi kultur uji hasil pengenceran selama 24 jam pada suhu 24°C. Kultur uji yang digunakan adalah jamur *Trychophyton mentagrophytes*. Diagram alir pembuatan kultur uji dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Diagram alir pembuatan kultur uji

c. Pengujian aktivitas antijamur dengan cawan difusi

Meneteskan 0,2 ml kultur uji ke permukaan media PDA yang telah dituang kecawan petri. Selanjutnya meratakan kultur uji dengan menggunakan *drigalsky/spreader*. Meletakkan kertas saring berdiameter 6 mm yang telah direndam dalam sampel nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik di permukaan media PDA. Melakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk masing masing sampel. Menginkubasi cawan petri pada suhu selama 24 jam pada suhu 24°C. Mengukur diameter penghambatan setiap 12 jam menggunakan jangka sorong.

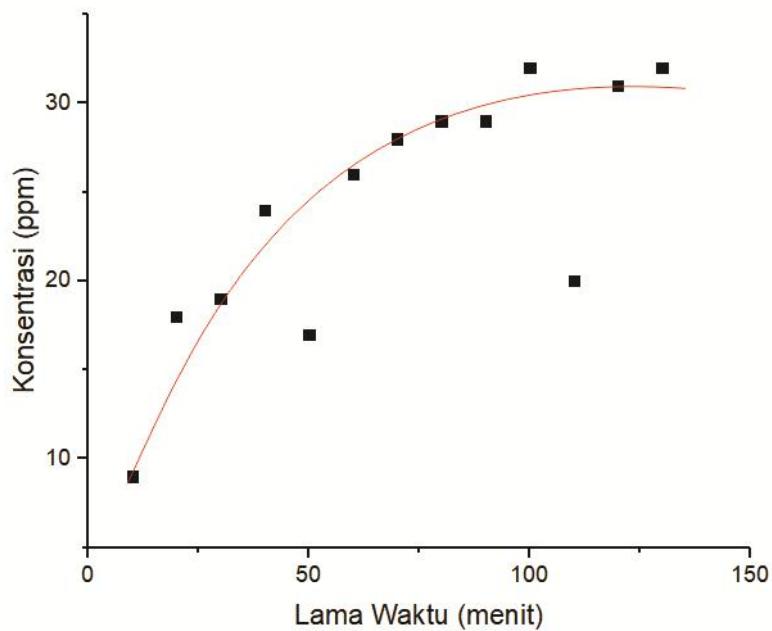
## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dengan menggunakan metode elektrolisis. Sintesis nanopartikel perak koloid dan koloid perak ionik dilakukan pada tegangan 45 V DC selama 130 menit. Sampel nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik hasil pengenceran di ujikan aktivitas antijamurnya menggunakan metode cawan difusi.

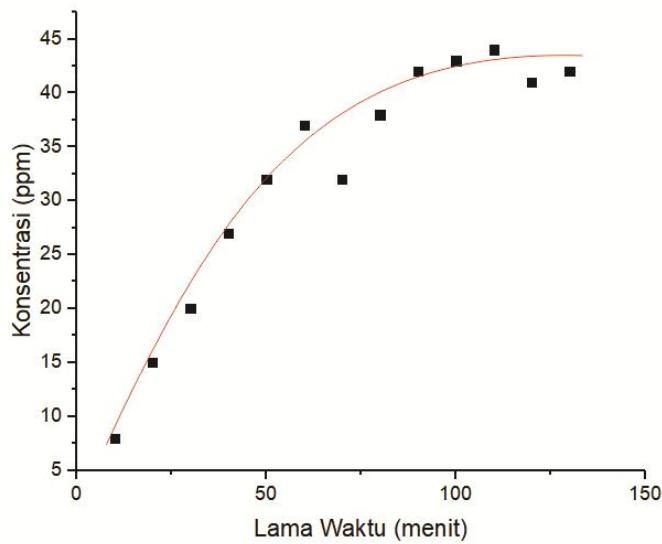
#### **A. Hasil Sintesa Nanopartikel Perak Ionik**

Proses sintesis nanopartikel perak menggunakan metode elektrolisis untuk mendapatkan ukuran yang terbaik dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pada penelitian ini digunakan variasi tegangan 40 V DC dan 45 V DC untuk mengetahui perbandingan konsentrasi nanopartikel perak yang dihasilkan oleh metode elektrolisis. Pengukuran konsentrasi dilakukan setiap 10 menit saat mengganti polaritas elektroda. Konsentrasi diukur menggunakan TDS meter.



**Gambar 9.** Grafik konsentrasi terhadap lama waktu pembuatan nanopartikel perak hasil elektrolisis 40 V DC

Gambar 9 merupakan grafik hasil plot konsentrasi terhadap waktu pada tegangan 40 V DC dengan konsentrasi 32 ppm pada saat lama waktu pembuatan 130 menit. Berdasarkan Gambar 9, dapat diketahui semakin lama waktu elektrolisis maka semakin besar konsentrasi larutan yang dihasilkan. Namun pada menit ke 100 sampai ke 130 didapati adanya plato dimana konsentrasi yang dihasilkan tidak bertambah atau mengalami kejemuhan.



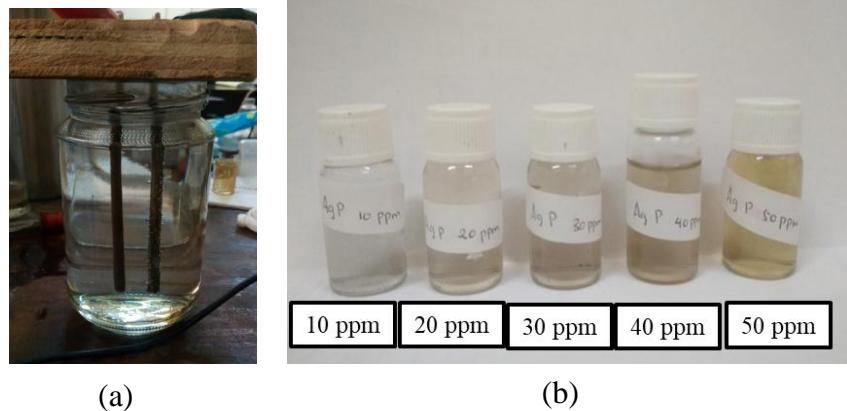
**Gambar 10.** Grafik konsentrasi terhadap lama waktu pembuatan nanopartikel perak hasil elektrolisis 45 V DC

Gambar 10 merupakan grafik hasil plot konsentrasi terhadap waktu pada tegangan 45 V DC dengan konsentrasi 42 ppm pada waktu pembuatan 130 menit. Berdasarkan Gambar 10, dapat diketahui semakin lama waktu elektrolisis maka semakin besar konsentrasi larutan yang dihasilkan. Namun pada menit ke 100 sampai ke 130 didapatkan adanya plato dimana konsentrasi yang dihasilkan tidak bertambah atau mengalami kejemuhan.

Pada Gambar 9 dan Gambar 10 hasil kenaikan konsentrasi nanopartikel perak yang dihasilkan tidak berlangsung secara linear dan membentuk sebuah plato pada menit ke 100 sampai ke 130. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan pada proses elektrolisis pada menit ke 100 sampai ke 130 terdapat lapisan endapan di sekitar elektroda yang

menghalangi terbentuknya nanopartikel sehingga nanopartikel perak yang dihasilkan semakin sedikit.

Nanopartikel perak ionik yang digunakan untuk dikarakterisasi lebih lanjut dan diuji aktivitas antijamurnya adalah nanopartikel perak ionik yang disintesis dengan tegangan 45 V DC. Larutan nanopartikel tersebut kemudian diaduk dan dipanaskan dengan magnetik stirrer. Pemanasan yang dilakukan bertujuan untuk memecah partikel menjadi lebih kecil dan banyak serta menguapkan akuades sehingga didapatkan konsentrasi yang lebih tinggi. Pengadukan berguna untuk mencegah nanopartikel mengalami pengendapan. Nanopartikel perak ionik dipanaskan pada suhu 96°C. Pemanasan dilakukan dari volume larutan 200 ml sampai teruapkan Sebagian menjadi volumenya 100 ml. Konsentrasi berubah dari 42 ppm menjadi 65 ppm. Larutan hasil elektrolisis dengan tegangan 45 V DC dipilih karena larutan ini mempunyai konsentrasi yang lebih besar sehingga ketika diuapkan sampel yang tersisa masih cukup untuk uji-uji selanjutnya.

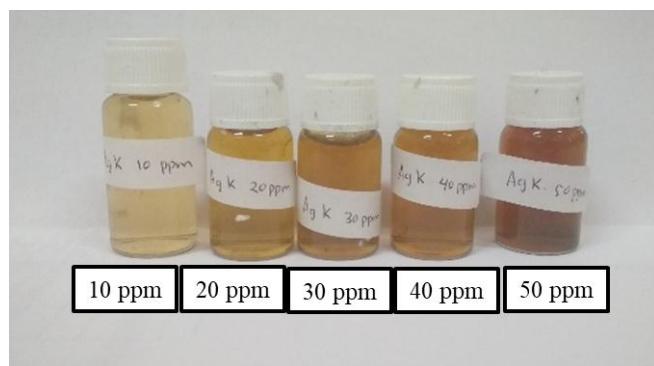


**Gambar 11.** (a) akuades sebelum proses elektrolisis (b) Sampel hasil pengenceran larutan nanopartikel perak ionik

Terbentuknya larutan nanopartikel perak ionik ditandai dengan perubahan warna menjadi kuning kecoklatan. Hasil sintesis larutan nanopartikel perak dapat dilihat pada gambar 11(b). Perbedaan warna didapatkan dengan membandingkan gambar 11(a) saat awal proses elektrolisis dengan gambar 11(b) pada sampel AgP 50 ppm setelah proses elektrolisis. Perubahan warna terjadi dari warna bening menjadi kuning kecoklatan. Pada gambar 11(b) sampel nanopartikel perak ionik hasil pengenceran menunjukkan perbedaan warna. Hasil sintesis larutan nanopartikel perak ionik yang terlihat pada Gambar 11 (b) menunjukkan perbandingan warna sampel nanopartikel perak ionik pada setiap variasi konsentrasi larutan. Perbedaan warna terlihat jelas dari kiri pada konsentrasi 10 ppm sampai ke kanan pada konsentrasi 50 ppm warna larutan semakin kuning. Semakin besar konsentrasi larutan maka warna larutan nanopartikel perak ionik juga semakin kuning.

## B. Hasil Sintesis Koloid Perak Ionik

Koloid perak ionik disintesis dengan memanfaatkan proses agregasi larutan nanopartikel perak ionik. Agregasi dilakukan untuk mendapatkan kestabilan koloid dari larutan nanopartikel perak ionik. Nanopartikel logam yang terdispersi dalam fase cair cenderung tidak stabil. Partikel secara spontan akan menempel satu sama lain sehingga membentuk agregat. Agregasi juga menandakan gaya tolak antar partikel lebih kecil dari gaya tarik van der waals. Gerak acak nanopartikel perak yang terdispersi dalam fase cair memungkinkan untuk terjadinya tumbukan antar partikel. Tumbukan ini menyebabkan terjadinya gaya tarik Van der waals.



**Gambar 12.** Sampel hasil pengenceran koloid perak ionik

Hasil sintesis larutan koloid perak ionik dapat dilihat pada Gambar 12. Perbedaan yang warna didapatkan dengan membandingkan Gambar 11 (b) sampel AgP 50 ppm nanopartikel perak ionik dengan Gambar 12 koloid perak ionik AgK 50 ppm pada sampel setelah proses agregasi.

Perbedaan warna terjadi antara nanopartikel perak ionik berwarna kuning kecoklatan dengan coklat kemerahan. Perbedaan warna kedua sampel pada konsentrasi yang tersebut menunjukkan bahwa proses agregasi telah berlangsung. Proses Agregasi membuat ukuran partikel telah berubah menjadi lebih besar. Pada Gambar 12 sampel koloid perak ionik hasil pengenceran menunjukkan perbedaan warna. Hasil sintesis larutan nanopartikel perak ionik yang terlihat pada Gambar 12 menunjukkan perbandingan warna sampel nanopartikel perak ionik pada setiap variasi konsentrasi larutan. Perbedaan warna terlihat jelas dari kiri pada konsentrasi 10 ppm sampai ke kanan pada konsentrasi 50 ppm warna larutan semakin kuning kemerahan. Semakin besar konsentrasi larutan maka warna larutan nanopartikel perak ionik juga semakin kuning kemerahan.

### **C. Hasil Pengukuran *Electric Conductivity (EC)* dan *Total Dissolved Solid (TDS)***

Sampel nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik yang telah diencerkan menjadi 5 konsentrasi diukur konduktivitas listrik dan jumlah padatan terlarut dalam larutannya. Pengukuran EC bertujuan untuk mengkonfirmasi adanya muatan pada nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik. Pengukuran TDS bertujuan untuk mengetahui konsentrasi partikel perak yang terlarut dalam larutan.

**Tabel 4.** Hasil pengukuran TDS dan EC nanopartikel perak ionik

| Sampel | Konsentrasi (ppm) | EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |
|--------|-------------------|--------------------------------|
|--------|-------------------|--------------------------------|

|            |    |    |
|------------|----|----|
| AgP 10 ppm | 10 | 18 |
| AgP 20 ppm | 20 | 34 |
| AgP 30 ppm | 30 | 41 |
| AgP 40 ppm | 40 | 57 |
| AgP 50 ppm | 50 | 73 |

dasarkan tabel 4 hasil pengukuran TDS dan EC nanopartikel perak ionik, larutan nanopartikel perak ionik memiliki konduktivitas listrik. Konduktivitas listrik dari nanopartikel perak ionik menandakan bahwa terdapat muatan pada nanopartikel perak ionik. Muatan yang ada mengkonfirmasi sifat ionik dalam larutan nanopartikel perak ionik. Konsentrasi jumlah partikel padat dalam larutan juga mempengaruhi konduktivitas listriknya. Semakin besar konsentrasi dari nanopartikel perak ionik dalam larutan semakin besar juga konduktivitas listriknya.

**Tabel 5.** Hasil pengukuran TDS dan EC koloid perak ionik

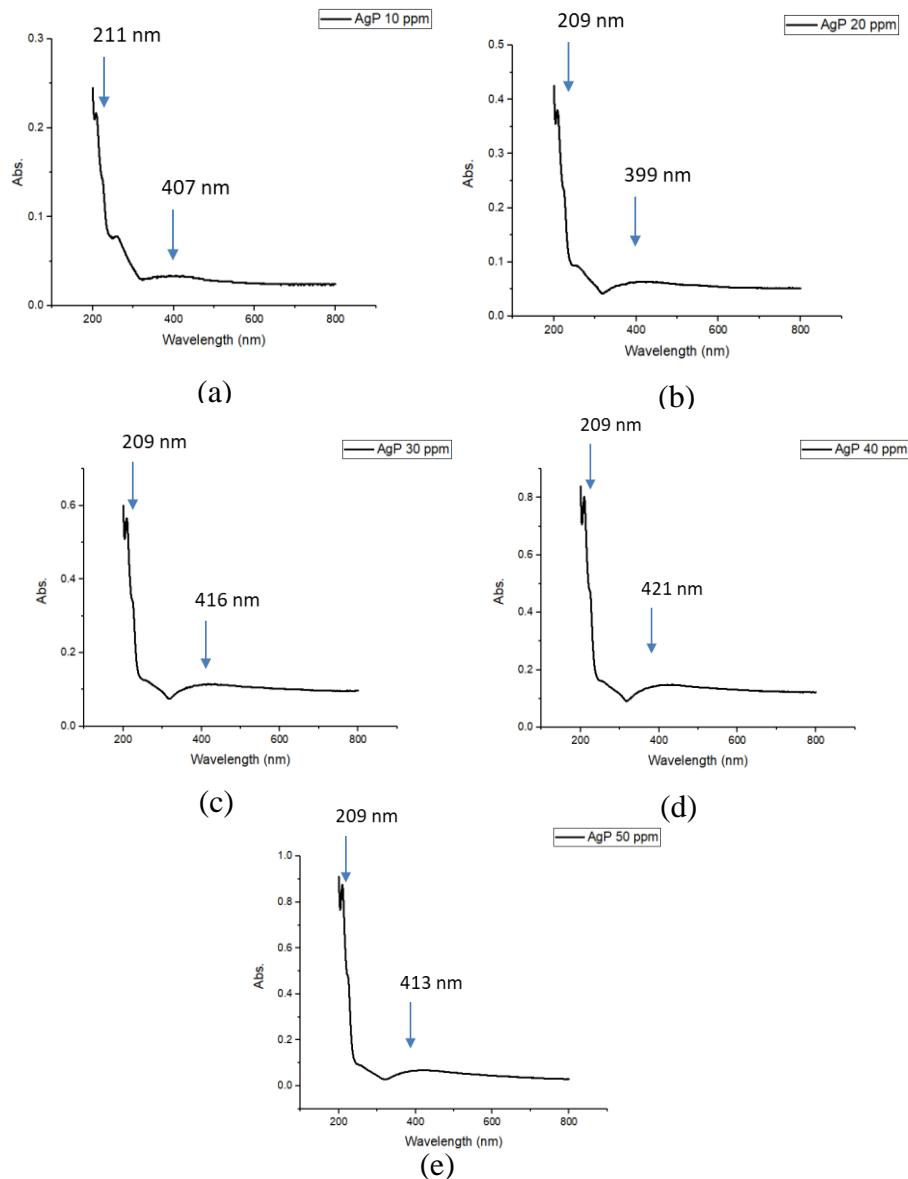
| B Sampel   | Konsentrasi (ppm) | EC ( $\mu$ S/cm) |
|------------|-------------------|------------------|
| AgK 10 ppm | 10                | 21               |
| AgK 20 ppm | 20                | 31               |
| AgK 30 ppm | 30                | 47               |
| AgK 40 ppm | 40                | 58               |
| AgK 50 ppm | 50                | 72               |

sarkan tabel 5 hasil pengukuran TDS dan EC koloid perak ionik, larutan koloid perak ionik memiliki konduktivitas listrik. Konduktivitas listrik dari koloid perak ionik menandakan bahwa terdapat muatan pada koloid perak ionik. Muatan yang ada mengkonfirmasi sifat ionik dalam larutan koloid perak ionik. Semakin besar konsentrasi dari koloid perak ionik dalam

larutan semakin besar juga konduktivitas listriknya. Agregasi yang terjadi pada koloid perak ionik tidak menyebabkan konduktivitas dari larutan hilang atau turun. Hal tersebut terjadi karena saat proses agregasi tidak terdapat penetralan muatan.

Pada penelitian ini, sifat ionik pada nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik diharapkan dapat meningkatkan kemampuan daya hambat dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik. Sifat ionik memberikan gaya tarik nanopartikel dan koloid yang memiliki muatan positif dari  $\text{Ag}^+$  dengan DNA dari jamur yang memiliki muatan negatif sehingga nanopartikel dan koloid perak ionik lebih mudah menempel pada sel jamur.

#### D. Hasil Pengujian Spektrofotometer UV-Vis



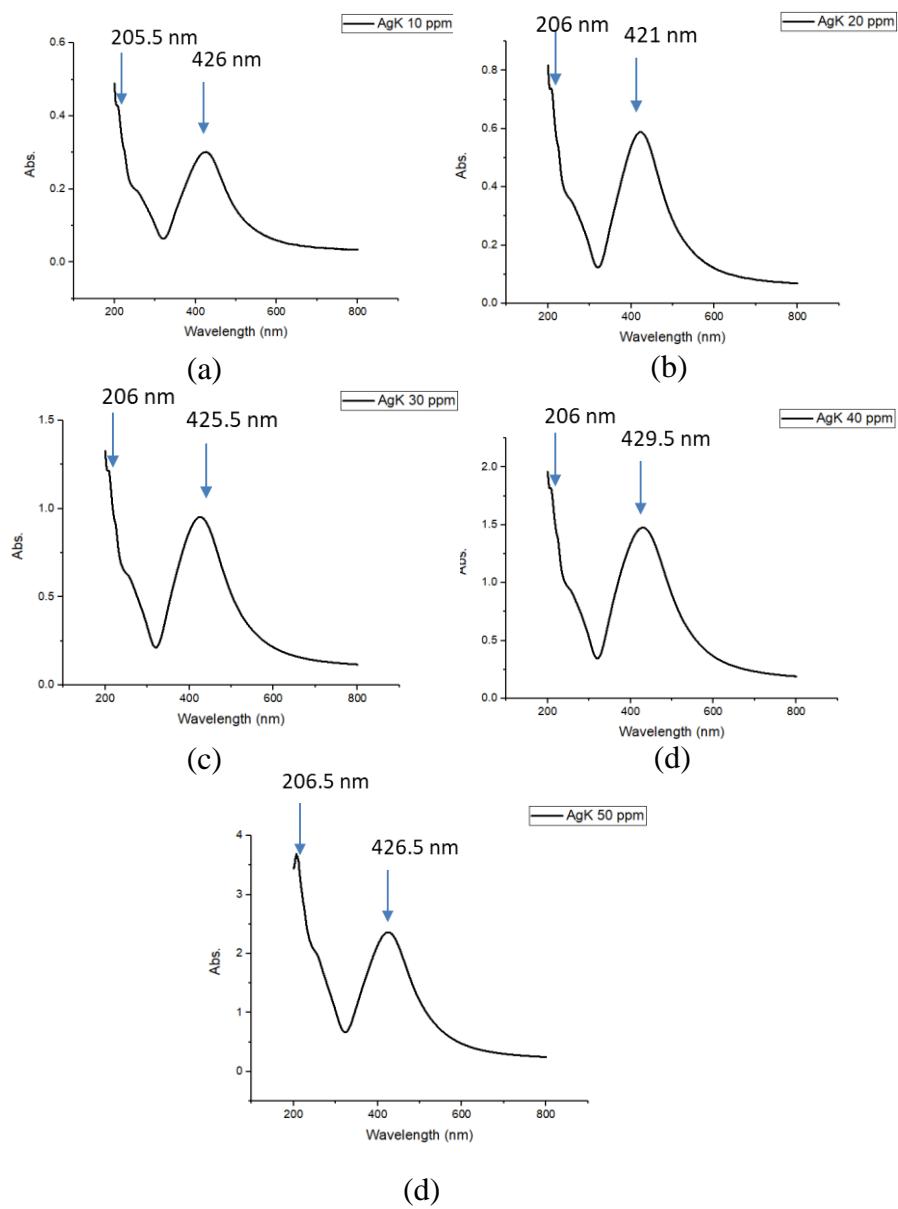
**Gambar 13.** Grafik hasil uji UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik dengan variasi konsentrasi. (a) konsentrasi 10 ppm, (b) konsentrasi 20 ppm, (c) konsentrasi 30 ppm, (d) konsentrasi 40 ppm, dan (e) konsentrasi 50 ppm.

Pengujian sampel dengan Spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui panjang gelombang dan puncak serapan dari larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik. Hasil karakterisasi ini akan berbentuk grafik hubungan panjang gelombang dan absorbansi. Kemudian grafik akan dicocokkan dengan literatur. Berdasarkan beberapa penelitian, nanopartikel perak ionik memiliki puncak absorbansi panjang gelombang 328-466 nm.

Gambar 13 menunjukkan hasil karakterisasi sampel larutan nanopartikel perak ionik dengan variasi larutan (10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm). Data hasil Spektrofotometer UV-Vis ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang (nm). Rentang panjang gelombang yang digunakan untuk mengukur absorbansi dari rentang 200 sampai 800 nm.

Pada masing masing grafik dapat dilihat bahwa larutan nanopartikel perak ionik memiliki dua puncak absorbansi, yaitu pada rentang 209-211 nm dan 399-421 nm. Grafik pada Gambar 13 (a) sampel AgP 10 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 211 nm dengan nilai absorbansi 0,21 dan 407 nm dengan nilai absorbansi 0,34. Grafik pada Gambar 13 (b) sampel AgP 20 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 209 nm dengan nilai absorbansi 0,379 dan 399 nm dengan nilai absorbansi 0,063. Grafik pada Gambar 13 (c) sampel AgP 30 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 209 nm dengan nilai absorbansi 0,565 dan 416 nm dengan nilai absorbansi 0,115. Grafik pada

Gambar 13 (d) sampel AgP 40 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 209 nm dengan nilai absorbansi 0,802 dan 421 nm dengan nilai absorbansi 0,148. Grafik pada Gambar 13 (e) sampel AgP 50 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 209 nm dengan nilai absorbansi 0,063 dan 413 nm dengan nilai absorbansi 0,069. Berdasarkan data hasil spektrofotometer UV-Vis semua konsentrasi sampel nanopartikel perak ionik menunjukkan puncak nanopartikel perak ionik sesuai dengan literatur (Khatami et al, 2015) yang ada, yaitu 399-421 nm. Pada puncak 204-211 nm menurut Guether et al (2001), puncak tersebut termasuk dalam rentang bromida. Hal ini dapat disebabkan oleh batang perak yang digunakan dalam elektrolisis terdapat senyawa AgBr. Sehingga setelah proses elektrolisis AgBr terpecah menjadi Bromida.



**Gambar 14.** Grafik hasil uji UV-Vis larutan koloid perak ionik dengan variasi konsentrasi. (a) konsentrasi 10 ppm, (b) konsentrasi 20 ppm, (c) konsentrasi 30 ppm, (d) konsentrasi 40 ppm, dan (e) konsentrasi 50 ppm.

Gambar 14 menunjukkan hasil karakterisasi sampel larutan koloid perak ionik dengan variasi larutan (10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm). Data hasil Spektrofotometer UV-Vis ditampilkan dalam bentuk

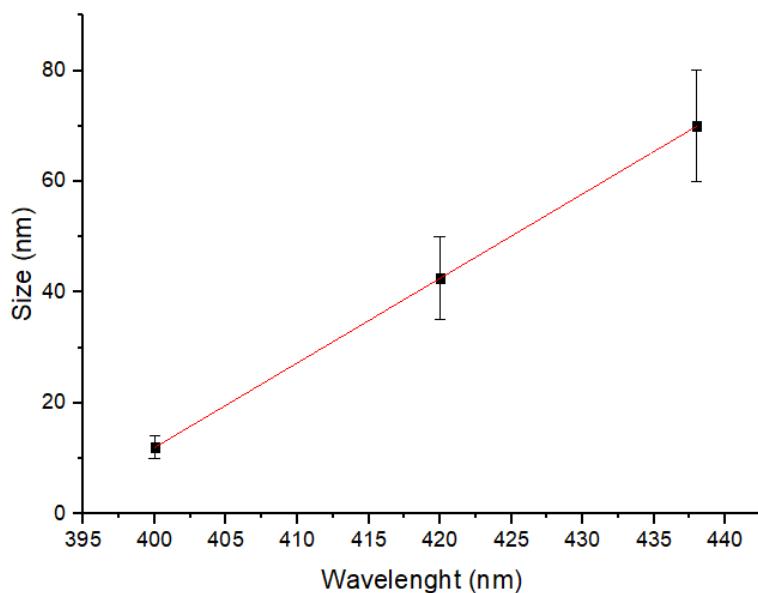
grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang (nm). Rentang panjang gelombang yang digunakan untuk mengukur absorbansi dari rentang 200 sampai 800 nm.

Pada masing masing grafik dapat dilihat bahwa larutan nanopartikel perak ionik memiliki dua puncak absorbansi, yaitu pada rentang 205,5-206,5 nm dan 421-429,5 nm. Grafik pada Gambar 13 (a) sampel AgK 10 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 205,5 nm dengan nilai absorbansi 0,429 dan 426 nm dengan nilai absorbansi 0,302. Grafik pada Gambar 14 (b) sampel AgK 20 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 206 nm dengan nilai absorbansi 0,737 dan 421 nm dengan nilai absorbansi 0,589. Grafik pada Gambar 14 (c) sampel AgK 30 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 206,5 nm dengan nilai absorbansi 1,26 dan 425,5 nm nilai absorbansi 0,953. Grafik pada Gambar 14 (d) sampel AgK 40 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 206 nm dengan nilai absorbansi 1,82 dan 429,5 nm dengan nilai absorbansi 1,476. Grafik pada Gambar 14 (e) sampel AgK 50 ppm menunjukkan serapan pada panjang gelombang 206,5 nm dengan nilai absorbansi 3,689 dan 426,5 nm dengan nilai absorbansi 2,36.

Berdasarkan data hasil spektrofotometer UV-Vis semua konsentrasi sampel koloid perak ionik menunjukkan puncak nanopartikel perak ionik sesuai dengan literatur yang ada, yaitu 421-429,5 nm. Pada puncak 205,5-206,5 nm menurut literatur, puncak tersebut termasuk dalam rentang

bromida. Senyawa bromida masih terkandung dalam larutan koloid perak ionik setelah mengalami proses agregasi.

Data dari sampel larutan hasil spektrofotometer UV-Vis dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dapat diketahui ukuran partikel yang terkandung dalam larutan tersebut. Menurut penelitian Solomon (2007), ukuran nanopartikel perak dapat ditentukan berdasarkan panjang gelombang serapan nanopartikel perak. Data dari Tabel 1 yang dihasilkan oleh penelitian Solomon tentang ukuran partikel perak terhadap panjang gelombang serapannya dapat dilihat pada Gambar 15.

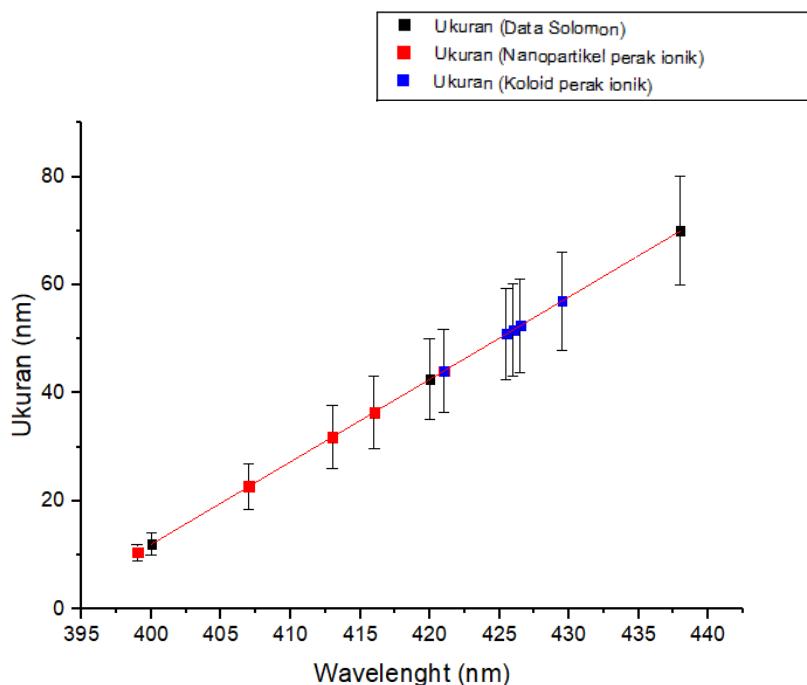


**Gambar 15.** Grafik penelitian Solomon tentang ukuran partikel perak terhadap panjang gelombang serapannya (Solomon et al, 2007)

Persamaan yang didapatkan dari fitting linear dapat digunakan untuk menghitung ukuran partikel sampel nanopartikel perak ionik. Dari Gambar 15 didapatkan persamaan (3) dari hasil fitting data Solomon.

$$y = 1.526x - 598.361 \quad (3)$$

$y$  merupakan ukuran nanopartikel perak ionik dalam satuan nanometer.  $x$  merupakan panjang gelombang serapan nanopartikel perak ionik. Persamaan (3) digunakan untuk melakukan ekstrapolasi data hasil penelitian terhadap data hasil penelitian Solomon. Grafik hasil ekstrapolasi data penelitian terhadap Solomon dapat diamati pada Gambar 16.



**Gambar 16.** Grafik ekstrapolasi data penelitian terhadap data penelitian Solomon

Berdasarkan Gambar 16, hasil ukuran partikel berdasarkan panjang gelombang serapan nanopartikel perak ionik dapat diamati dalam tabel 6 .

**Tabel 6.** Ukuran nanopartikel perak ionik berdasarkan panjang gelombang serapan

| Konsentrasi (ppm) | Wavelength (nm) | Ukuran (nm) |
|-------------------|-----------------|-------------|
| 10                | 407             | $23 \pm 4$  |
| 20                | 399             | $10 \pm 2$  |
| 30                | 416             | $36 \pm 7$  |
| 40                | 421             | $44 \pm 8$  |
| 50                | 413             | $33 \pm 6$  |

Berdasarkan Tabel 6 ukuran nanopartikel perak ionik yang terbentuk mempunyai rentang ukuran  $10 \pm 2$  nm sampai  $44 \pm 8$  nm. Ukuran nanopartikel perak ionik terkecil pada sampel AgP 20 ppm dengan  $10 \pm 2$  nm dan yang terbesar pada sampel AgP 40 ppm dengan ukuran  $44 \pm 8$  nm.

Ukuran partikel koloid perak ionik juga dapat dihitung berdasarkan penelitian dari Solomon (2017). Berdasarkan Gambar 16 hasil ukuran partikel koloid perak ionik dapat diamati pada tabel 7.

**Tabel 7.** Ukuran koloid perak ionik berdasarkan panjang gelombang serapan

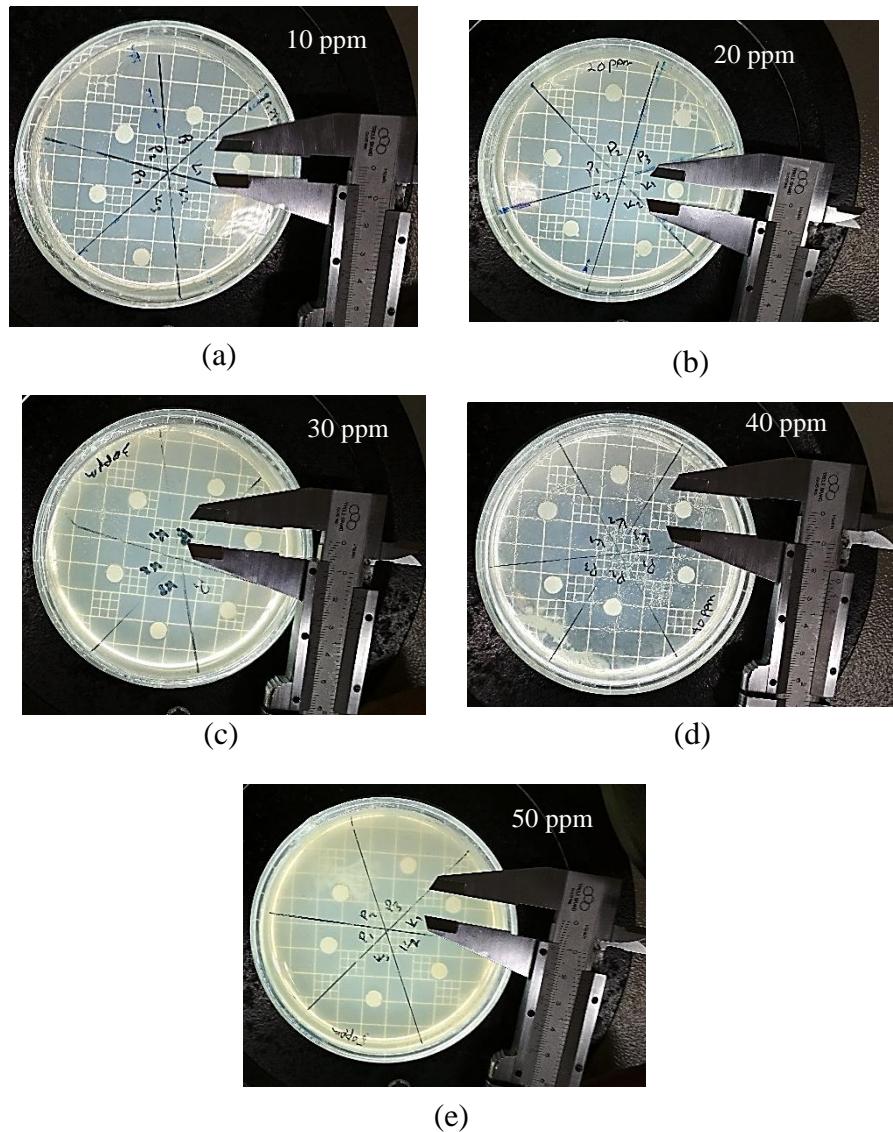
| Konsentrasi (ppm) | Wavelength (nm) | Ukuran (nm) |
|-------------------|-----------------|-------------|
| 10                | 426             | $53 \pm 9$  |
| 20                | 421             | $44 \pm 8$  |
| 30                | 425,5           | $50 \pm 9$  |
| 40                | 429,5           | $57 \pm 9$  |
| 50                | 426,5           | $52 \pm 9$  |

Berdasarkan tabel 7 ukuran nanopartikel perak ionik yang terbentuk mempunyai rentang ukuran  $44 \pm 8$  nm sampai  $57 \pm 9$  nm. Ukuran

nanopartikel perak ionik terkecil pada sampel AgK 20 ppm dengan  $44 \pm 8$  nm dan yang terbesar pada sampel AgP 40 ppm dengan ukuran  $57 \pm 9$  nm.

Dari tabel 6 dan tabel 7 dapat digunakan untuk membandingkan ukuran nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik. Pada tabel 7 rata-rata nilai ukuran nanopartikel perak ionik lebih kecil daripada tabel 8 koloid perak ionik. Hal membuktikan bahwa proses agregasi yang terjadi membuat ukuran partikel koloid perak ionik lebih besar. Ukuran berpengaruh terhadap daya hambat nanopartikel terhadap jamur. Ukuran yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar ketika nanopartikel perak menempel pada sel jamur daripada nanopartikel perak dengan ukuran yang besar. Hal tersebut menyebabkan lebih banyak nanopartikel perak yang terakumulasi dalam sel jamur sehingga sel jamur akan lebih banyak rusak.

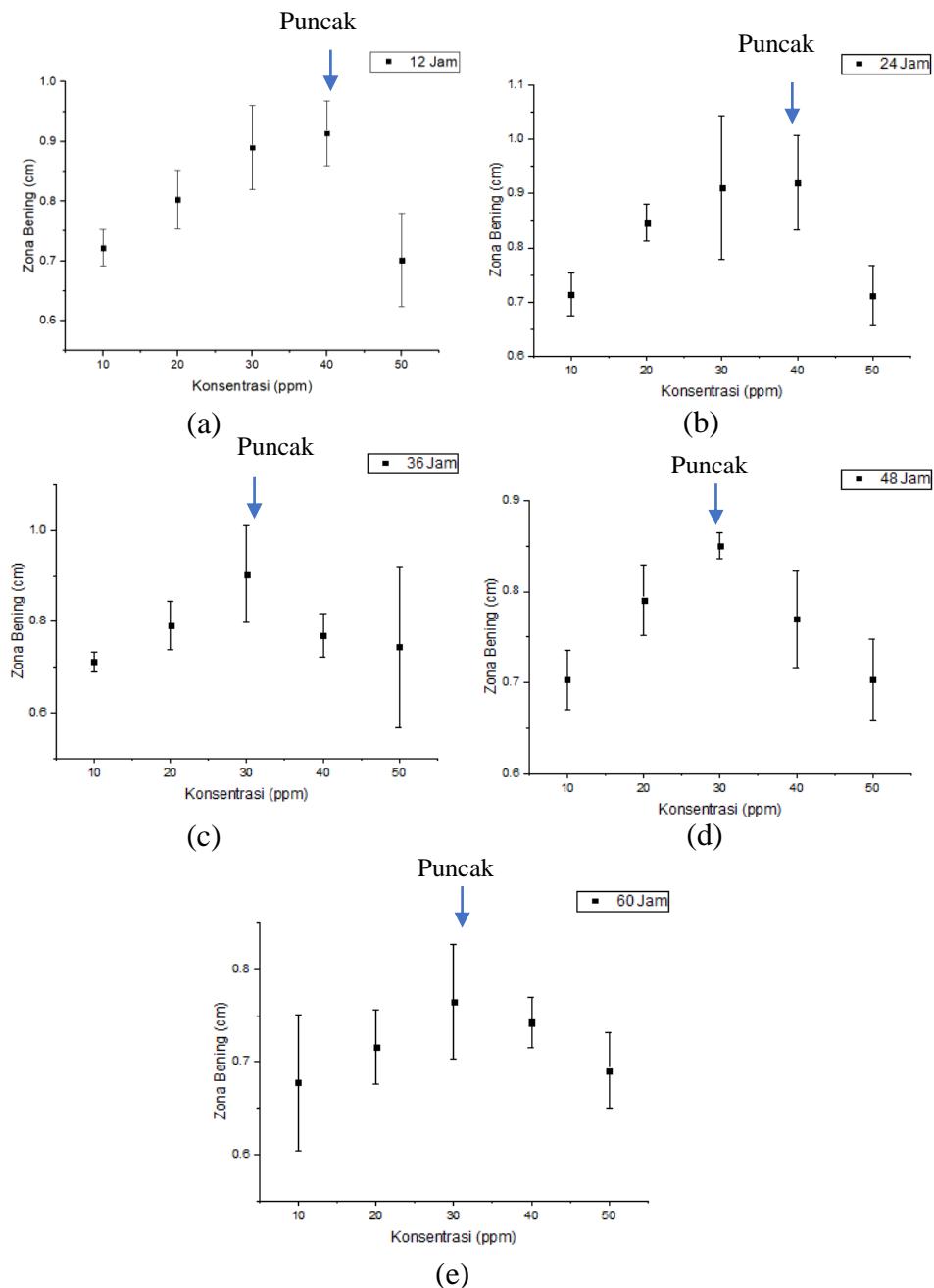
## E. Hasil Pengujian Aktivitas Antijamur



**Gambar 17.** Zona bening nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap jamur *Trychophyton mentagrophytes* (a) 10 ppm (b), 20 ppm, (c) 30 ppm, (d) 40 ppm, dan (e) 50 ppm

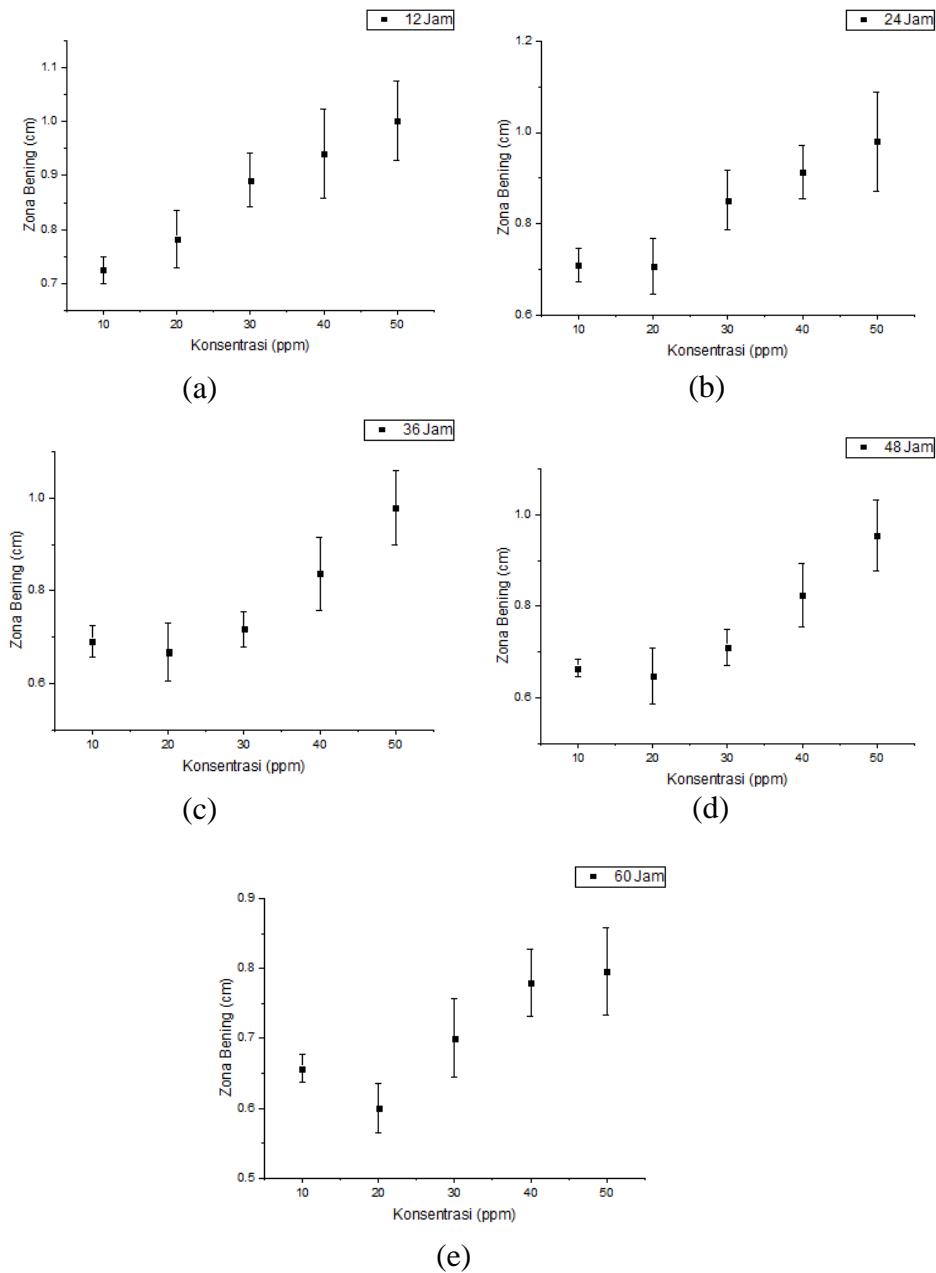
Pengujian aktivitas antijamur digunakan untuk mengetahui kekuatan antijamur dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik. Jamur yang digunakan sebagai kultur uji adalah jamur dari spesies *Trychophyton*

*mentagrophytes*. Metode yang digunakan dalam pengujian aktivitas anti jamur dalam penelitian ini adalah metode cawan difusi. Metode cawan difusi dilakukan dengan mengukur zona bening. Pada Gambar 17 dapat diamati zona bening yang terbentuk oleh nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik pada masing-masing konsentrasi. Zona bening yang terbentuk merupakan respon dari sampel anti jamur dalam menghambat pertumbuhan jamur oleh nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik. Zona bening terbentuk akibat nanopartikel perak dan koloid perak ionik menghambat pertumbuhan jamur di daerah tersebut sehingga pada zona bening tidak ada jamur yang tumbuh. Metode cawan difusi yang dilakukan untuk menguji aktivitas anti jamur nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik menggunakan metode cakram kertas. Cakram kertas yang telah direndam dalam nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik kemudian diujikan ke kultur uji *Trychophyton mentagrophytes* dalam media padat di cawan petri. Kontrol positif yang digunakan menggunakan serbuk antijamur miconazole dan kontrol negatif yang digunakan menggunakan akuades. Pengamatan dilakukan setiap 12 jam.



**Gambar 18.** Diameter zona bening nanopartikel perak ionik terhadap jamur *Trychophyton mentagrophytes* (a) 12 jam (b), 24 jam, (c) 36 jam, (d) 48 jam, dan (e) 60 jam

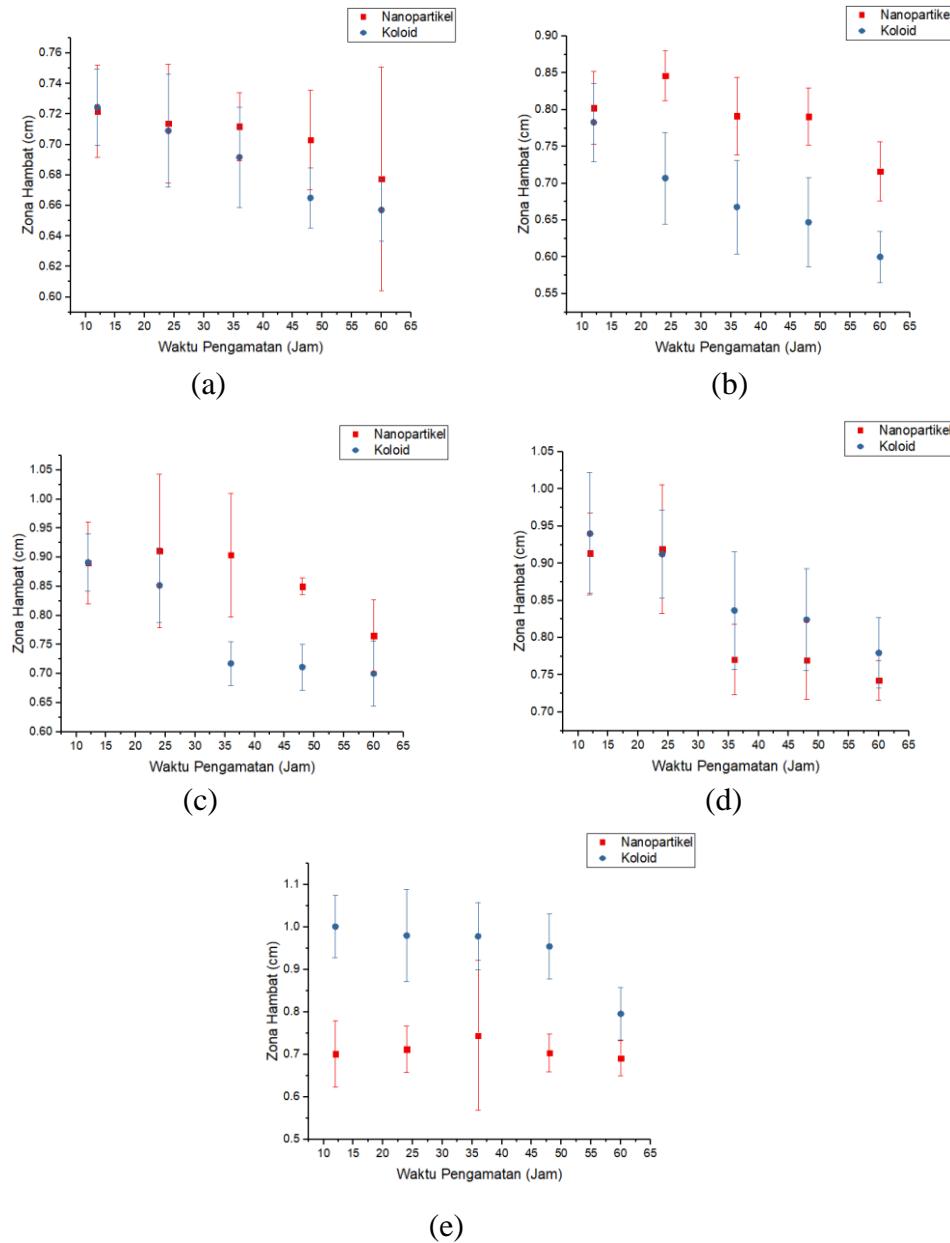
Pada Gambar 18 dapat diketahui pada waktu pengamatan 12 jam zona bening tertinggi sebesar 0,914 cm didapatkan oleh nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 40 ppm. Pada waktu pengamatan 24 jam zona bening tertinggi sebesar 0,919 cm didapatkan oleh nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 40 ppm. Pada waktu pengamatan 36 jam zona bening tertinggi sebesar 0,904 cm didapatkan oleh nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 30 ppm. Pada waktu pengamatan 48 jam zona bening tertinggi sebesar 0,850 cm didapatkan oleh nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 30 ppm. Pada waktu pengamatan 60 jam zona bening tertinggi sebesar 0,765 cm didapatkan oleh nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 30 ppm. Dari Gambar 14 dapat diketahui jumlah konsentrasi nanopartikel perak ionik yang paling optimal dalam menghambat perkembangan jamur adalah 30 ppm.



**Gambar 19.** Diameter zona bening koloid perak ionik terhadap jamur *Trychophyton mentagrophytes* (a) 12 jam (b), 24 jam, (c) 36 jam, (d) 48 jam, dan (e) 60 jam

Pada Gambar 19 dapat diketahui pada waktu pengamatan 12 jam zona bening tertinggi sebesar 1,00125 cm didapatkan oleh koloid perak ionik dengan konsentrasi 50 ppm. Pada waktu pengamatan 24 jam zona

bening tertinggi sebesar 0,980 cm didapatkan oleh koloid perak ionik dengan konsentrasi 50 ppm. Pada waktu pengamatan 36 jam zona bening tertinggi sebesar 0,978 cm didapatkan oleh koloid perak ionik dengan konsentrasi 50 ppm. Pada waktu pengamatan 48 jam zona bening tertinggi sebesar 0,954 cm didapatkan oleh koloid perak ionik dengan konsentrasi 50 ppm. Pada waktu pengamatan 60 jam zona bening tertinggi sebesar 0,796 cm didapatkan oleh nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 50 ppm. Dari Gambar 19 dapat diketahui jumlah konsentrasi koloid perak ionik yang paling tinggi dalam menghambat perkembangan jamur adalah 50 ppm. Pada koloid perak ionik belum terjadi puncak optimal dalam menghambat pertumbuhan jamur. Hal tersebut dapat disebabkan oleh puncak konsentrasi optimal dari koloid perak ionik berada diluar dari rentang konsentrasi penelitian ini.



**Gambar 20.** Grafik perbandingan hasil uji antijamur larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dengan variasi konsentrasi. (a) konsentrasi 10 ppm, (b) konsentrasi 20 ppm, (c) konsentrasi 30 ppm, (d) konsentrasi 40 ppm, dan (e) konsentrasi 50 ppm.

Gambar 20 menunjukkan perbandingan zona bening antara larutan nanopartikel perak ionik dengan koloid perak ionik. Pada konsentrasi 10

ppm, 20 ppm, dan 30 ppm nanopartikel perak ionik menunjukkan kemampuan menghambat perkembangan jamur yang lebih besar dibandingkan dengan koloid perak ionik. Pada konsentrasi 40 ppm dan 50 ppm kemampuan nanopartikel dalam menghambat bakteri menurun sehingga pada konsentrasi tersebut koloid perak ionik lebih baik dalam menghambat bakteri. Hal tersebut menunjukkan bahwa efektifitas nanopartikel perak ionik dalam menghambat perkembangan jamur berada pada konsentrasi 30 ppm dan kemampuan paling besar koloid perak ionik dalam menghambat perkembangan jamur berada pada konsentrasi 50 ppm.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh dan analisis data, maka dari penelitian ini diperoleh kesimpulan, diantaranya:

1. Semakin besar tegangan elektrolisisnya, maka konsentrasi yang dihasilkan dengan waktu pembuatan yang sama akan semakin besar. Semakin lama waktu yang digunakan dalam proses elektrolisis, maka konsentrasi yang dihasilkan juga semakin besar. Tetapi terdapat fase dimana konsentrasi cenderung konstan pada waktu pembuatan 100-130 menit.
2. Berdasarkan pengukuran EC, semakin besar konsentrasi nanopartikel perak dan koloid perak ionik maka akan semakin besar konduktivitas listriknya. Hasil uji Spektrofotometer UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik menunjukkan absorbansi pada rentang panjang gelombang 399-421 nm. Hasil perhitungan ukuran partikel berdasarkan hasil uji UV-Vis menunjukkan rentang ukuran  $10 \pm 2$  nm sampai  $44 \pm 8$  nm. Sedangkan pada larutan koloid perak ionik menunjukkan absorbansi pada rentang panjang gelombang 421-429,5 nm. Hasil perhitungan ukuran partikel berdasarkan hasil uji UV-Vis menunjukkan rentang ukuran  $44 \pm 8$  nm sampai  $57 \pm 9$  nm.
3. Konsentrasi larutan nanopartikel perak ionik mempengaruhi pertumbuhan jamur *Trychophyton mentagrophytes*. Daya hambat

optimal nanopartikel perak ionik berada pada konsentrasi 30 ppm.

Daya hambat nanopartikel perak ionik termasuk dalam kategori sedang. Konsentrasi larutan koloid perak ionik mempengaruhi pertumbuhan jamur *Trychophyton mentagrophytes*. Daya hambat maksimal koloid perak ionik berada pada konsentrasi 50 ppm. Daya hambat koloid perak ionik termasuk dalam kategori sedang.

## **B. Saran**

Adapun saran yang dapat disampaikan oleh peneliti adalah:

1. Konsentrasi larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dalam penelitian ini paling tinggi adalah 50 ppm. Untuk penelitian selanjutnya, dapat menggunakan konsentrasi yang lebih tinggi.
2. Pada saat pembuatan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik elektroda yang digunakan masih terdapat pengotor. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan elektroda perak dengan kemurnian yang lebih tinggi
3. Penggantian polaritas saat elektrolisis pada penelitian ini adalah setian 10 menit. Pada penelitian selanjutnya dapat mempersingkat waktu pengantian polaritas elektroda agar rentang ukuran lebih sempit
4. Proses agregasi pada koloid perak ionik tidak diamati secara rinci pada penelitian ini. Pada penelitian selanjutnya dapat mengamati proses agregasi pada koloid perak ionik untuk mengetahui pola proses agregasi yang terjadi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Virgius, Yudistira, Nirmin dan Khairurrijal. 2008. *Sintesis Nanomaterial*. Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi Vol. I : 33 – 57.
- Alzoubi, F.Y. dan Bidier S.A.A. 2013. *Characterization and Aggregation of Silver Nanoparticles Dispersed in an Aqueous Solution*. Chinese Journal of Physics Vol. 51, No. 2
- Bakir. 2011. *Pengembangan Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Air Rebusan Daun Bisbul (Diospyros Blancoi) untuk Deteksi Ion Tembaga (II) dengan Metode Kolometri*. Skripsi. Jakarta: FMIPA UI
- Bassett, J. 1994. *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC
- Brady, James E. 2008. *Kimia Universitas Asas & Struktur, Jilid 2*. Penerjemah: Dra. Sukmariah Maun, Dra. Kamianti Anas, Dra. Tilda S. Sally. Tangerang: Binarupa aksara.
- Bryaskova, R., Pencheva, D., Nikolov, S. dan Kantardjiev, T. 2011. *Synthesis and Comparative Study on the Antimicrobial Activity of Hybrid Materials Based on Silver Nanoparticles (AgNps) Stabilized by Polyvinylpyrrolidone (PVP)*. Journal Chemical and Biology. 4, 185–191.
- Balachandran YL, Shanmugam G, Rajendran S, Saowanit T, Arno CG, dan Sarvajeyakesavalu S. 2013. *Differently Environment Stable Bio-Silver*

- Nanoparticles: Study on Their Optical Enhancing and Antibacterial Properties.* PLoS ONE 8(10): e77046.
- Bar H, Dipak KB, Gobinda PS, Priyanka S, Santanu P, dan Ajay M. 2009. *Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Seed Extract of Jatropha curcas.* Colloid and Surfaces A: Physicochemical English, Aspects 348: 212-216
- Cheon, J.M., Lee, J.H., Song, Y. dan Kim, J. 2011. *Synthesis of Ag Nanoparticles Using an Electrolysis Method and Application to Inkjet Printing.* Diambil pada tanggal 20 Juli 2018, dari <http://www.elsevier.com/locate/colsurfa/>
- Cho, K. H., Park, J. E., Osaka, T. dan Park, S.G. 2005. *The Study of Antimicrobial Activity and Preservative Effects of Nanosilver Ingredient,* Electrochim. Acta, 51, 956–960.
- Clunan, Anne et al. 2014. *Nanotechnology in A Globalized Word Strategic Assessments of An Emerging Technology,* Munterey : Naval Postgraduate School.
- C. R. Vestal dan Z. J. Chang. 2004. *Magnetic Spinel Ferrite Nanoparticles from Microemulsions.* Int. J. Nanobiotechnology. Vol 1. Nos 1 /2
- Davis, W.W. dan Stout, T.R. 1971 *Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay I Factors Influencing Variability and Error.* Journal Applied Microbiology Vol. 22, No. 4 p. 659-665
- Djuanda, A. 2010. *Pengobatan Topikal Dalam Bidang Dermatologi,* Yayasan Penerbitan Ikatan Dokter Indonesia, Jakarta

- Elgayyar, M., Draughon, F.A., Golden, D.A., Mount, J.R. 2000. *Antimicrobial Activity of Essential Oils from Plants Against Selected Pathogenic and Saprophytic Microorganisms*. Jurnal of Food Protection
- Farihatun, A. et al. 2018. *Identifikasi Jamur Penyebab Tinea Pedis Pada Kaki Penyadap Karet di PTPN VIII Cikupa Desa Cikupa Kecamatan Banjarsari Kabupaten Ciamis Tahun 2017*. Ciamis: STIKes Muhammadiyah Ciamis
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S. 1986. *Kimia Organik Edisi 3 Jilid 2*. Diterjemahkan oleh Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: Erlangga
- Harahap, M.R. 2016. *Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi*. Banda Aceh: UIN Ar-Raniry
- Harmita. 2006. *Analisis Kuantitatif Bahan Baku dan Sediaan Farmasi*. Depok: Departemen Farmasi FMIPA UI
- Haryono, A., Dewi, S., Harmami, S.B., dan Muhammad, R. 2008. *Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya*. Jurnal Riset Industri. Vol. 2
- Guenther, E.A., Johnson, K.S. dan Coale K.H. 2001. *Direct Ultraviolet Spectrophotometric Determination of Total Sulfide and Iodide in Natural Water*. Journal Anal. Chem., 73, p 3481-3487
- Geoprincy G, BN Vidhya S, U Poonguzhali N, Nagendra G, dan S. Renganathan. 2012. *A Review on Green Synthesis of Silver Nanoparticles*. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research Volume 6, Supply 1, 2013
- Ibrahim, H.M.M. 2015. *Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using Banana Peel Extract and Their Antimicrobial*

- Activity Against Representative Microorganisms. Journal of Radiation Research and Applied Sciences XXX: I-II.*
- Iravani, S., H. Korbekandi, S.V. Mirmohammadi dan B. Zolfaghari. 2013. *Synthesis of Silver Nanoparticles: Chemical, Physical and Biological Methods. Research in Pharmaceutical Sciences*, 9(6): 385-406.
- Jalestri, D.A. dan Taufikurohmah T. 2016. *Uji Aktivitas Antifungi Nanosilver dalam Krim Pagi Terhadap Fungi Candida Albicans*. UNESA Journal of Chemistry Vol. VII, No. 28.
- Khalil, Munawar. 2015. *Preparasi Sampel Nanopartikel Koloid Untuk Karakterisasi dengan Menggunakan TEM*. Depok: Universitas Indonesia
- Khatami, M., Pourseyedi, S., Khatami, M., Hamidi, H., Zaeifi, M. dan Soltani, L. 2015. *Synthesis of Silver Nanoparticles Using Seed Exudates of Sinapis Arvensis as a Novel Bioresource, and Evaluation of Their Antifungal Activity*. Journal Bioresource and BioProcessing 2:19
- Koksal F, Er E, dan Samasti M. 2009. *Causative agents of superficial mycoses in Istanbul*, Turkey: retrospective study. Mycopathologia.;168(3):117-23.
- McGraw-Hill Education. 2002. *McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology (9<sup>th</sup> Ed) Vol. 16*. NewYork: McGraw-Hill Companies
- Nalawati, A.N. 2015. *Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg) dengan Metode yang Ramah Lingkungan dan Kajian Aktifitasnya dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri Gram Positif dan Bakteri Gram Negatif*. Tesis Magister, tidak diterbitkan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

- Nursyamsi, Muhammad Zakir, & Seniwati Dali. 2015. *Pemanfaatan Fraksi Etil Asetat Daun Ketapang (Terminalia catappa) Sebagai Bioreduktor Dalam Sintesis Nanopartikel Perak dan Analisis Sifat Antibakterinya*. Makassar : Universitas Hasanuddin
- Pristya, A.U. & Floridha, F. 2016. *Nanoteknologi dibidang Kesehatan*. Malang: UB Press
- Prabhu,S dan E.K. Poulose. 2012. Silver Nanoparticles: *Mechanism of Antimicrobial Action, Synthesis, Medical Applications, and Toxicity Effects*. International Nano Letters, 2(32): 1-10.
- Rai & Jamuna Bai A. 2011. *Nanoparticles and Their Potential Application as Antimicrobials*. Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances: India
- Sobera J.O., Elewski, B.E. 2008. *Infections, infestations and bites: Fungal diseases. Dermatology (2nd ed)*. New York: Mosby Elsevier; p. 1135-49
- Solomon, S.D,M.Bahadary, A.V,Jeyaraja Singam,S.A.Rutkowsky,C. Boritz & L.Mulfinger. 2007. *Synthesis and Study of Silver Nanoparticles*, Journal of Chemical Education, 84 (2),322- 325.
- Sondi, I and Sondi, B. S., 2004, *Silver Nanoparticle as Antimicrobacterial Agent: a case Study on E.coli as a Model for Gram-Negative Bacteria*, J. Colloid Interface Sci., 275, 177-182
- Verma S, Hefferman M.P. 2008. *Superficial Fungal Infection: Dermatophytosis, Onychomycosis, Tinea Nigra, Piedra*. Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine. 7th ed. New York: McGraw-Hill. p. 1807–21



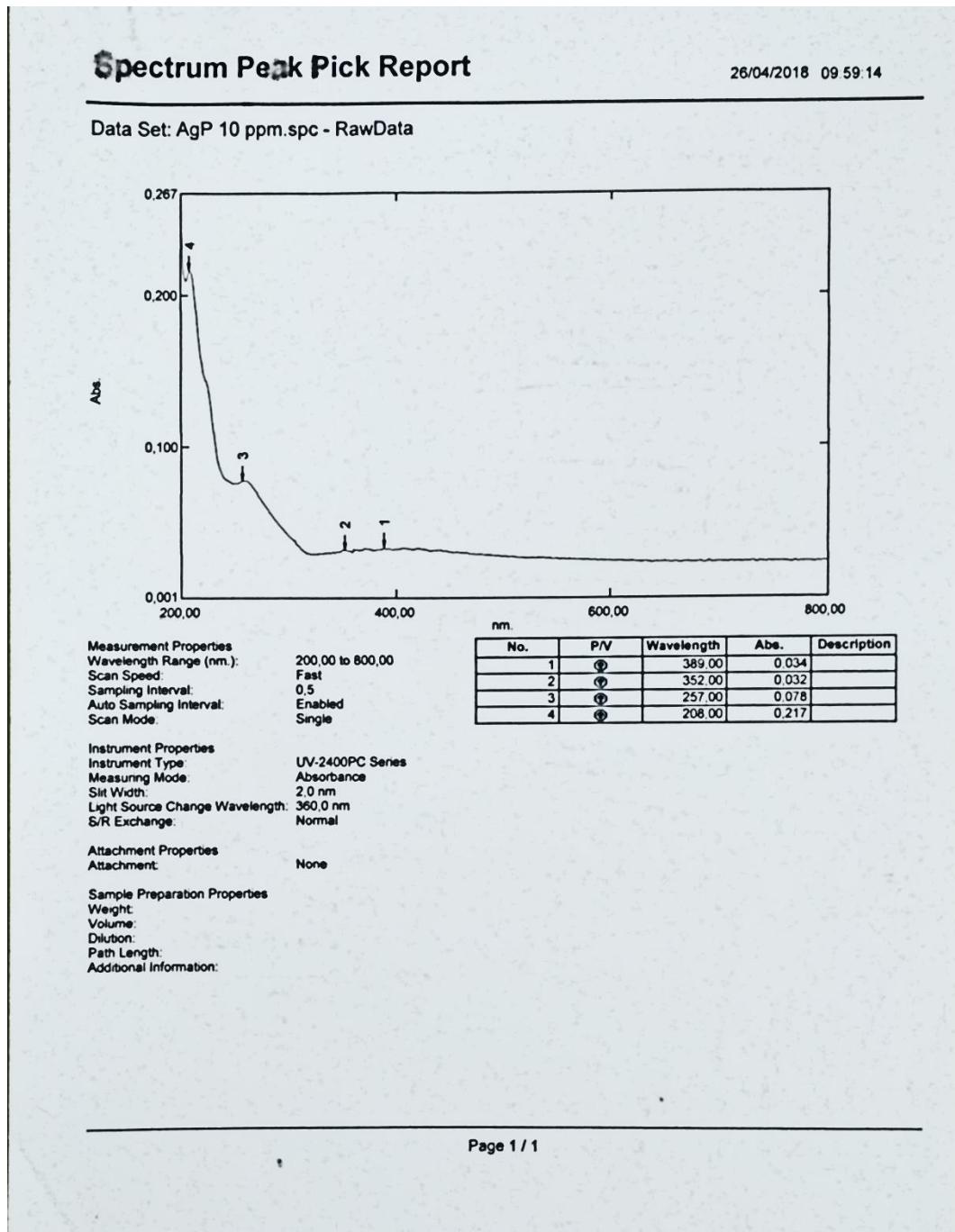
# **LAMPIRAN**

# **LAMPIRAN A**

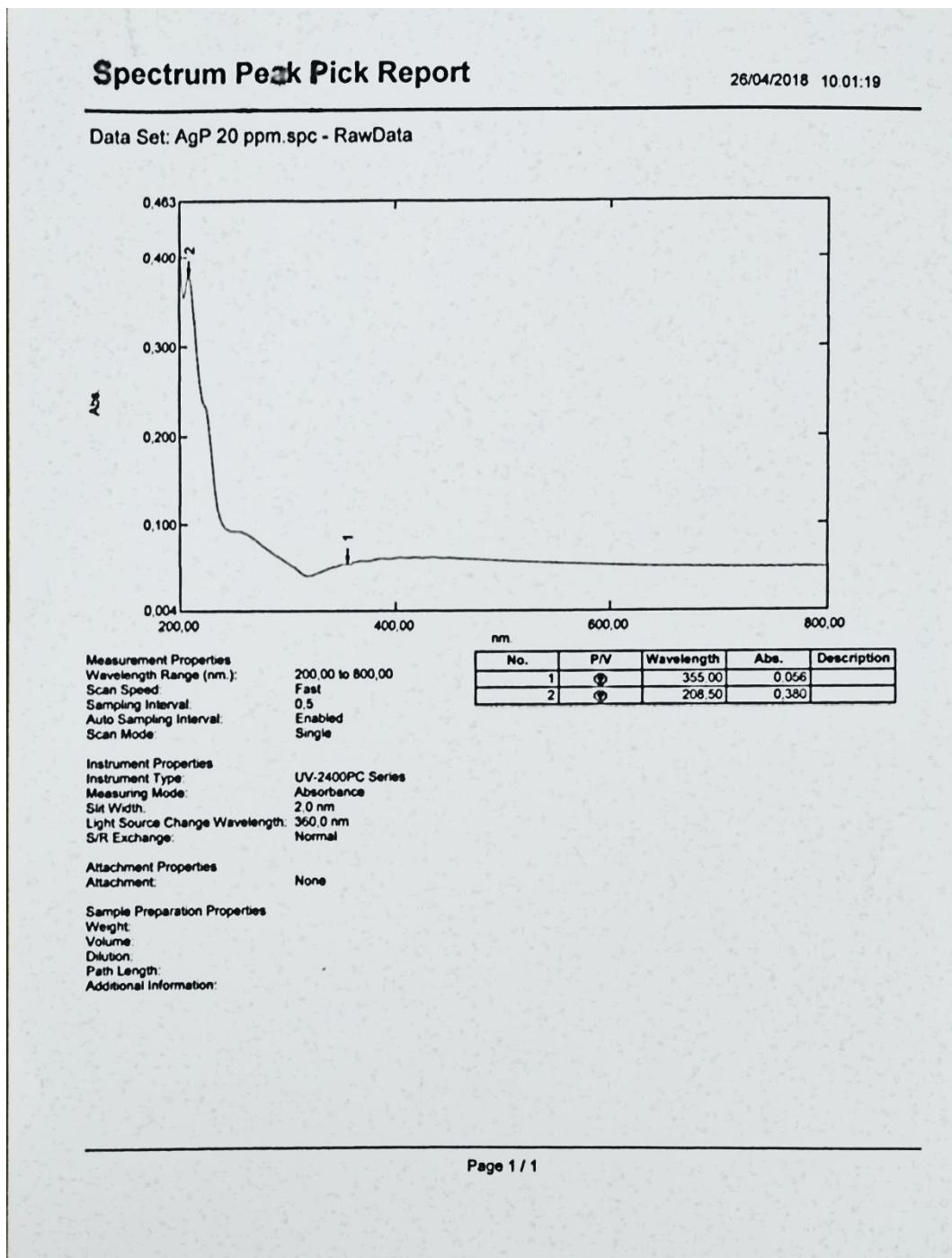
## **DATA SPEKTROFOTOMETER**

## **UV-VIS**

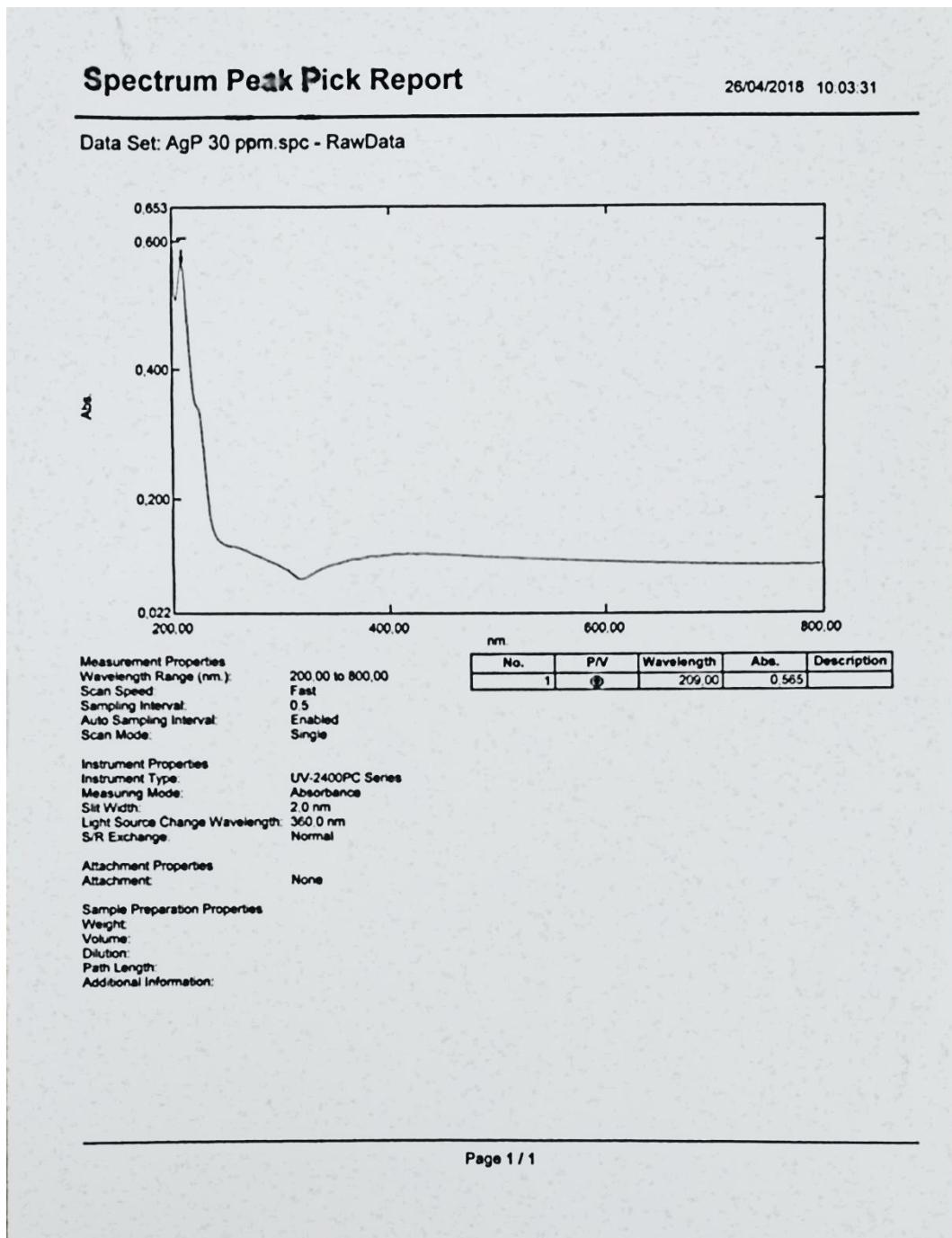
## Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Nanopartikel perak ionik 10 ppm



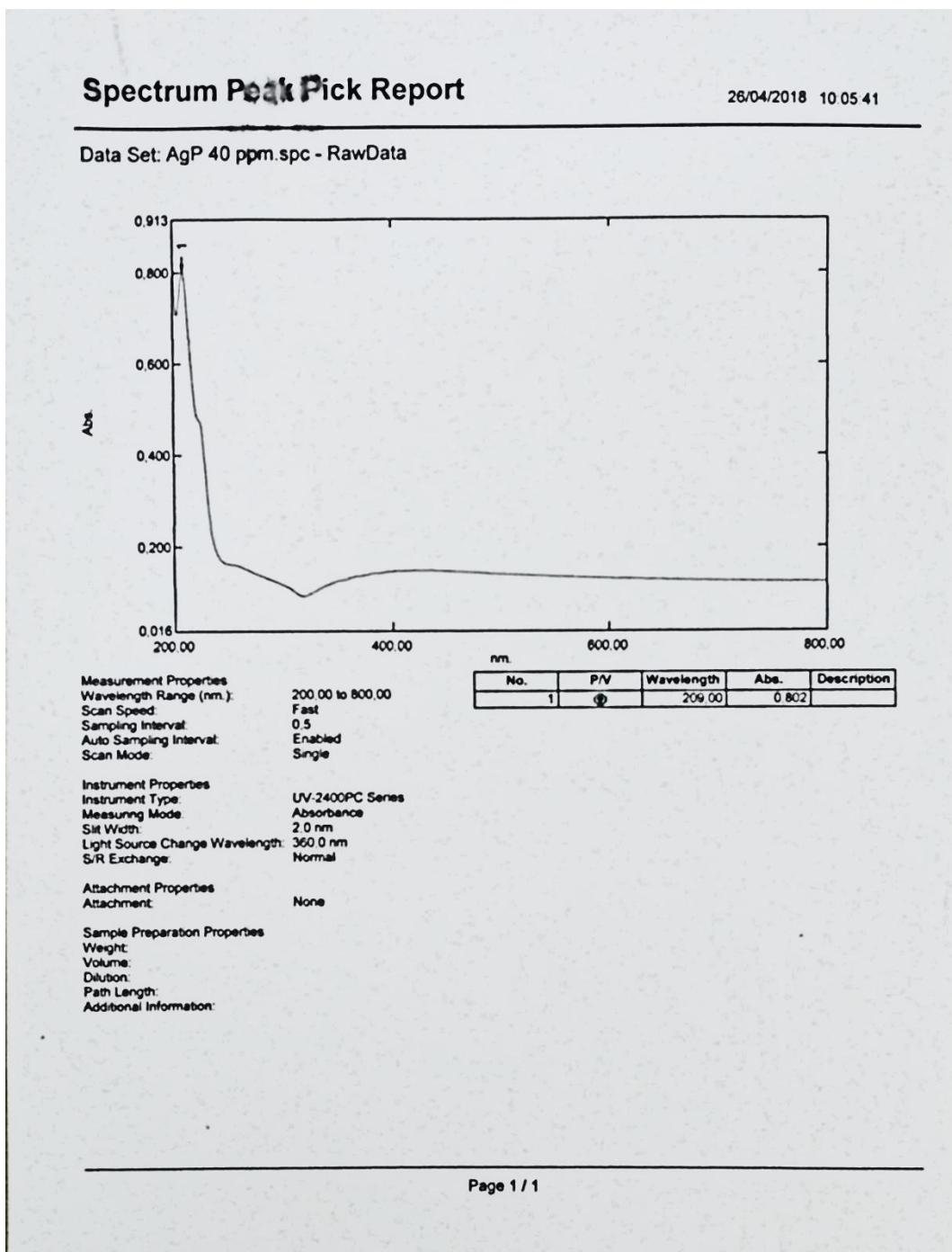
## Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Nanopartikel perak ionik 20 ppm



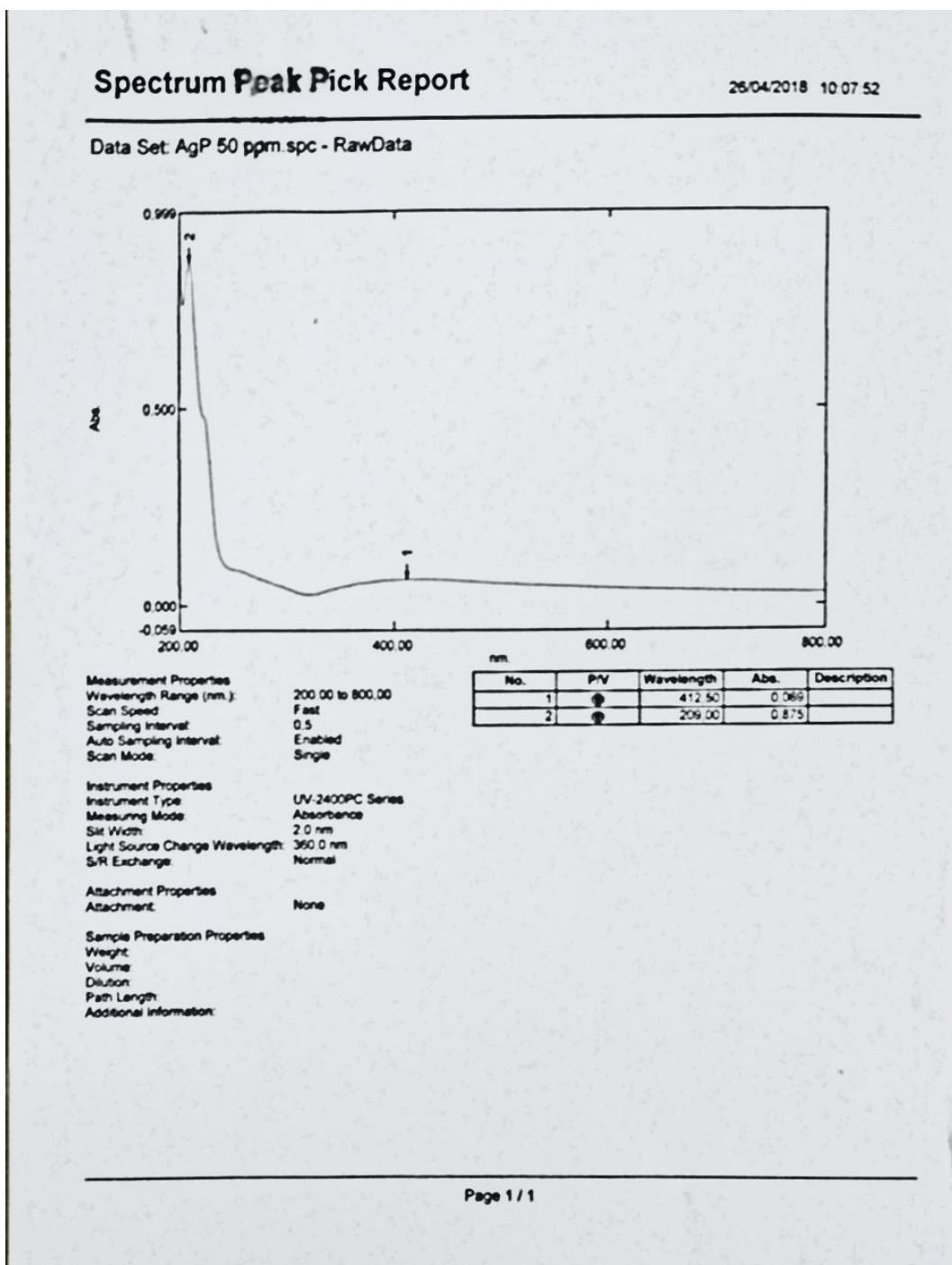
Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Nanopartikel perak ionik 30 ppm



Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Nanopartikel perak ionik 40 ppm

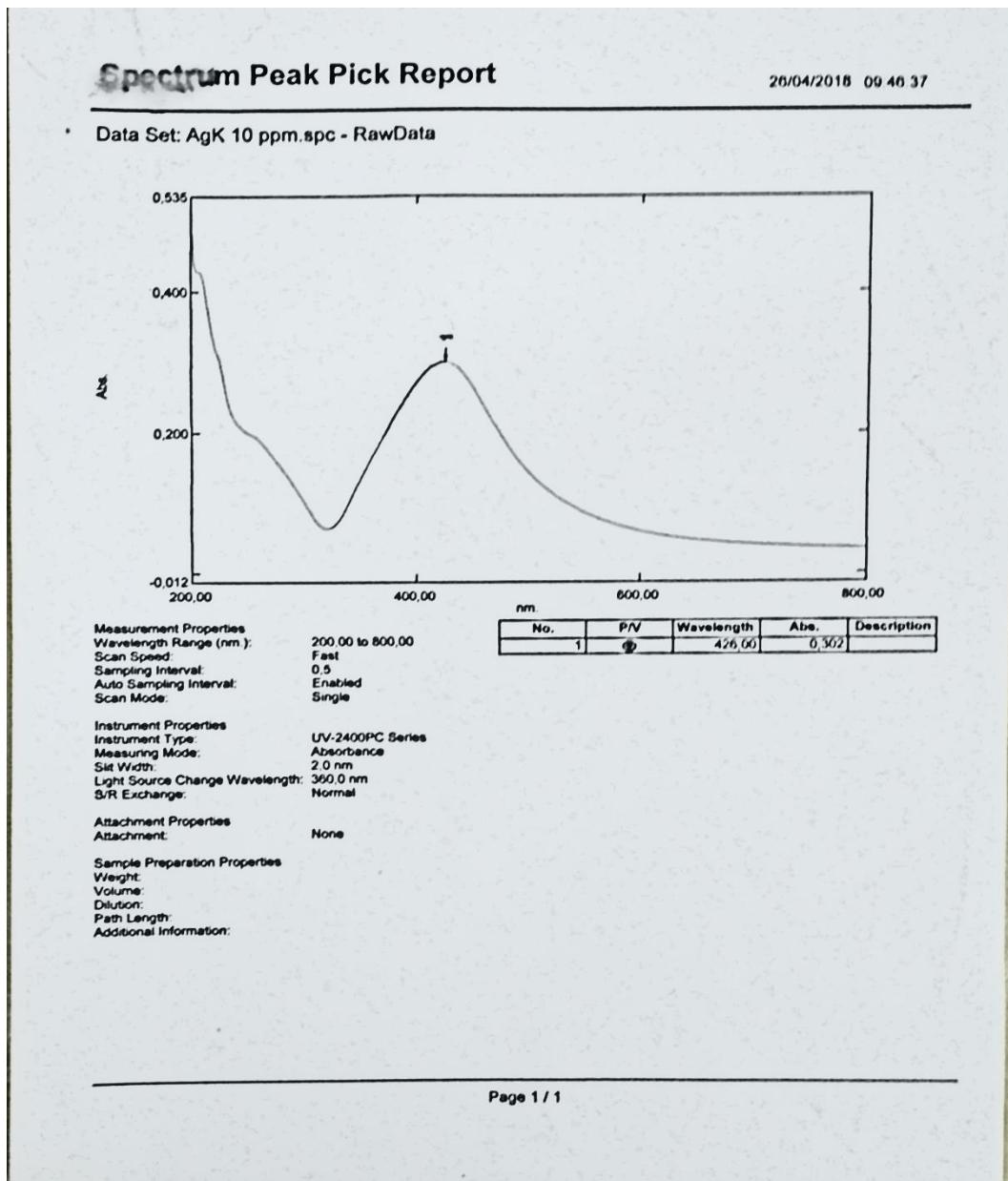


Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Nanopartikel perak ionik 50 ppm

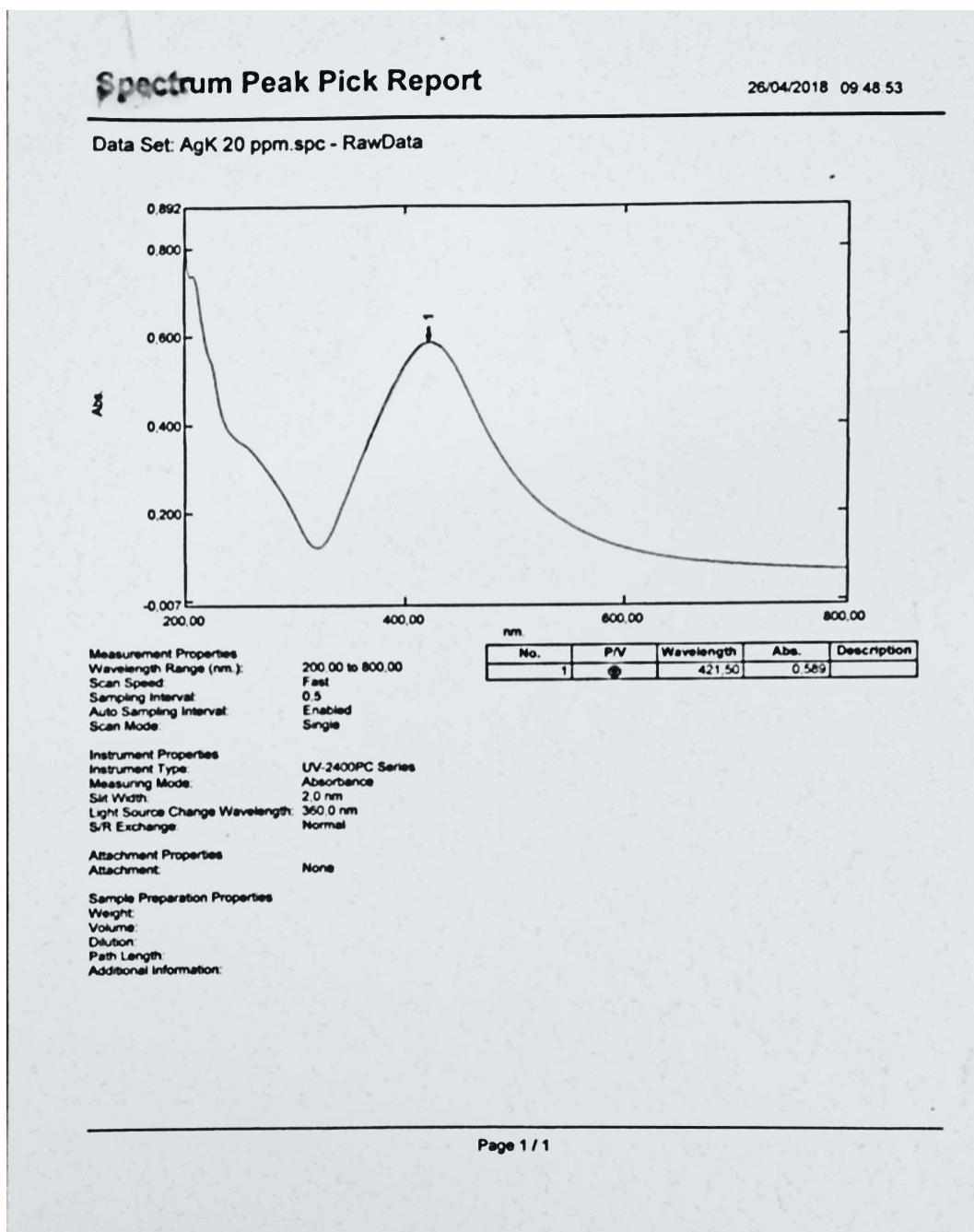




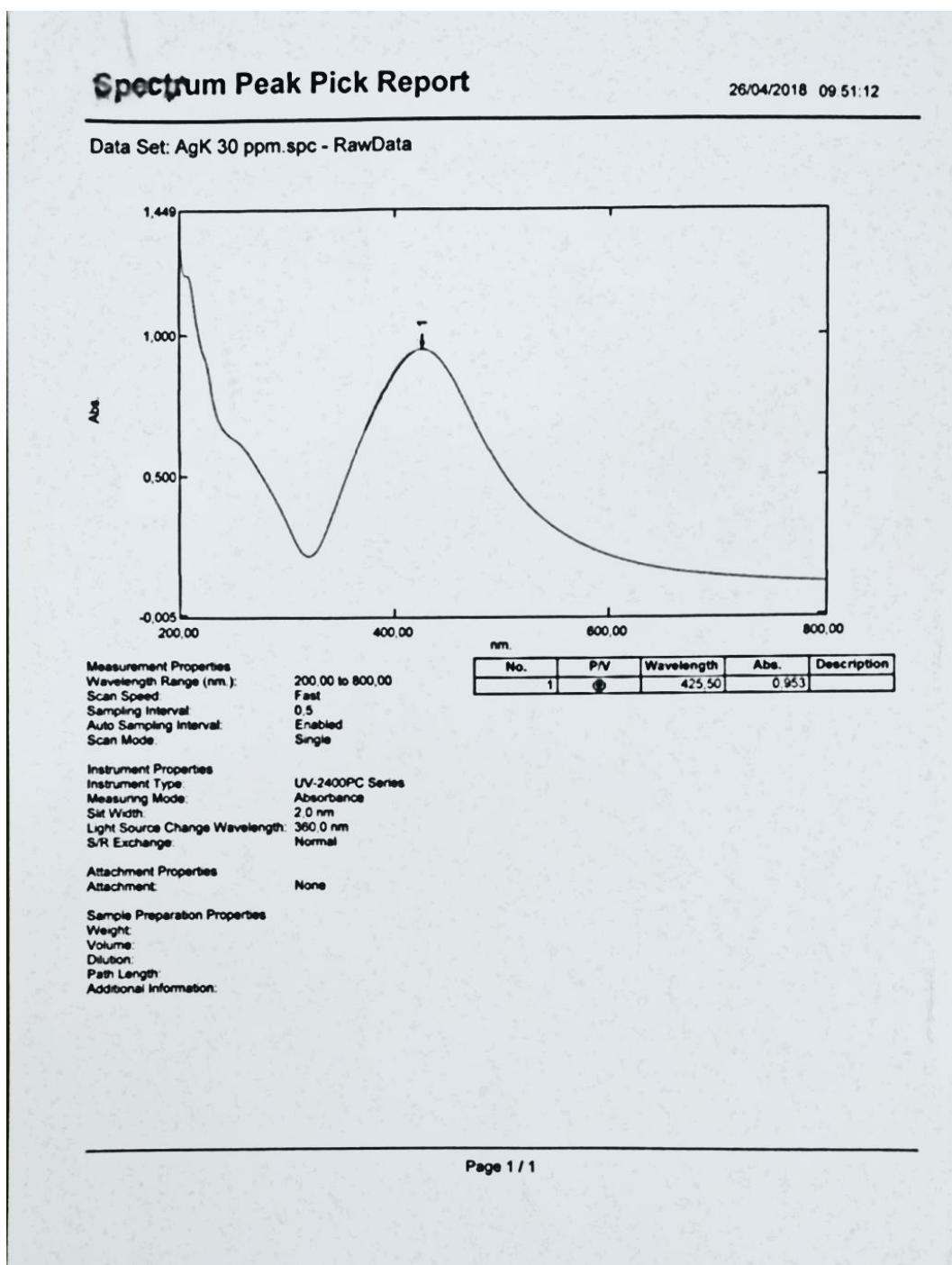
Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Koloid perak ionik 10 ppm



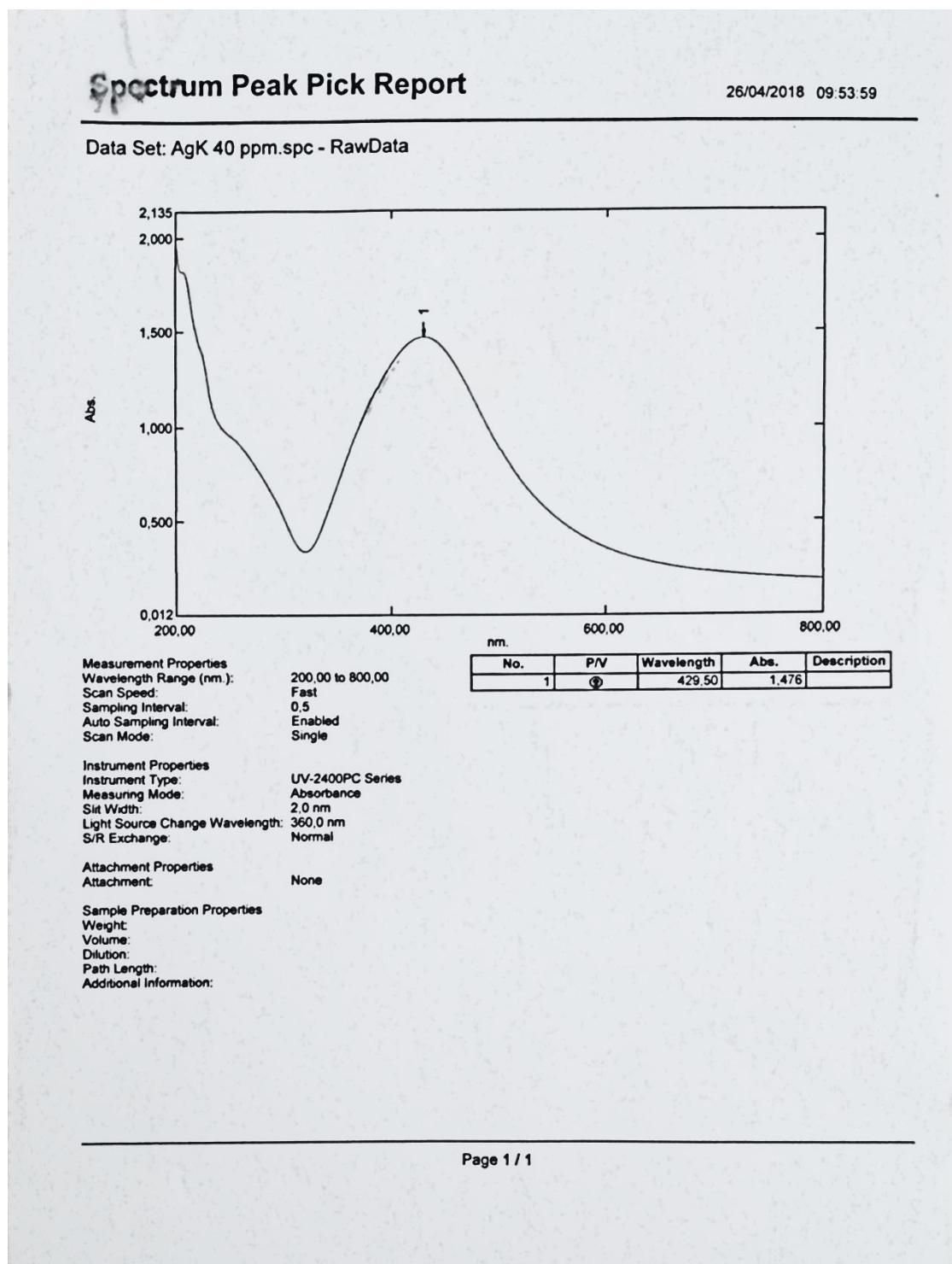
Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Koloid perak ionik 20 ppm



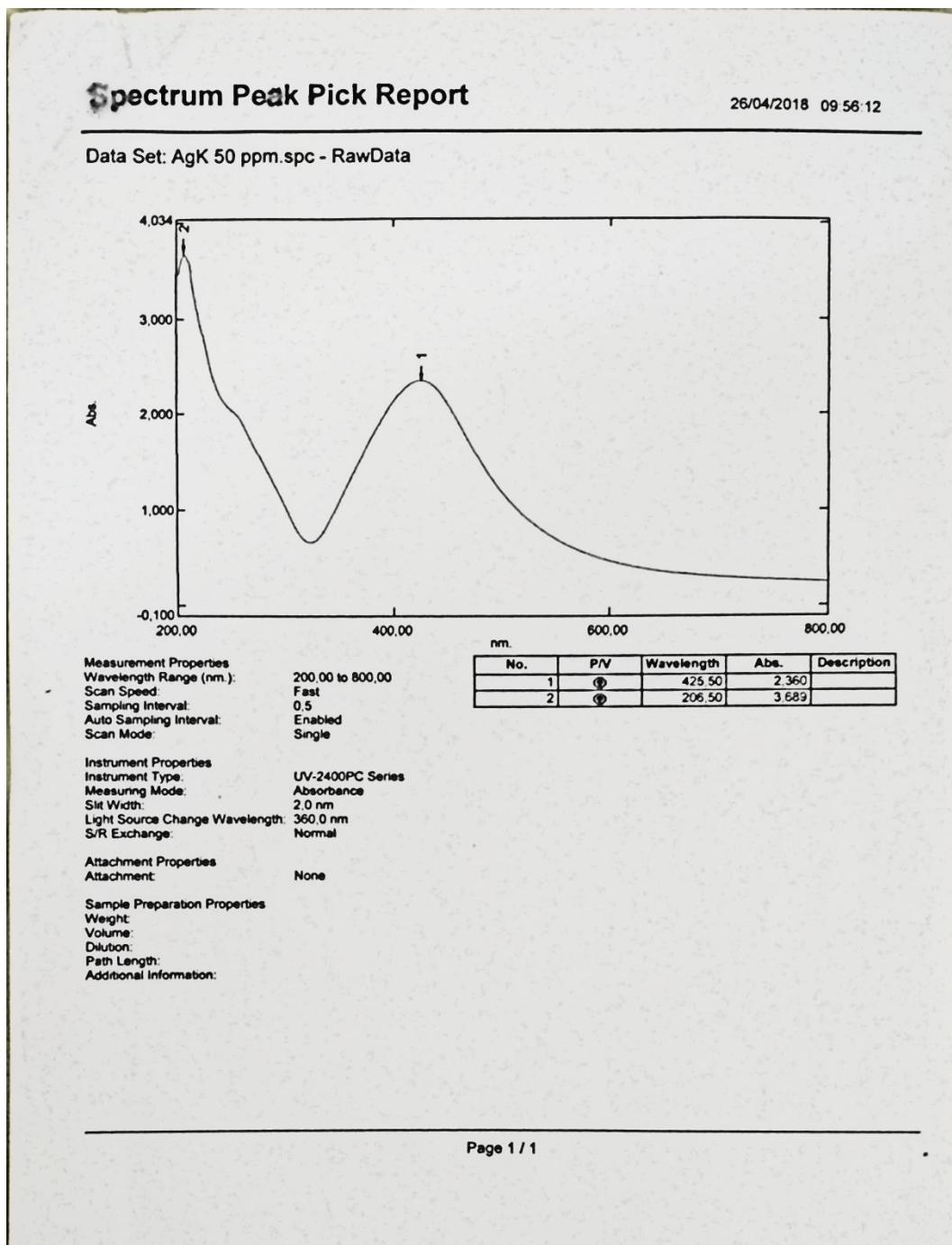
Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Koloid perak ionik 30 ppm



Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Koloid perak ionik 40 ppm



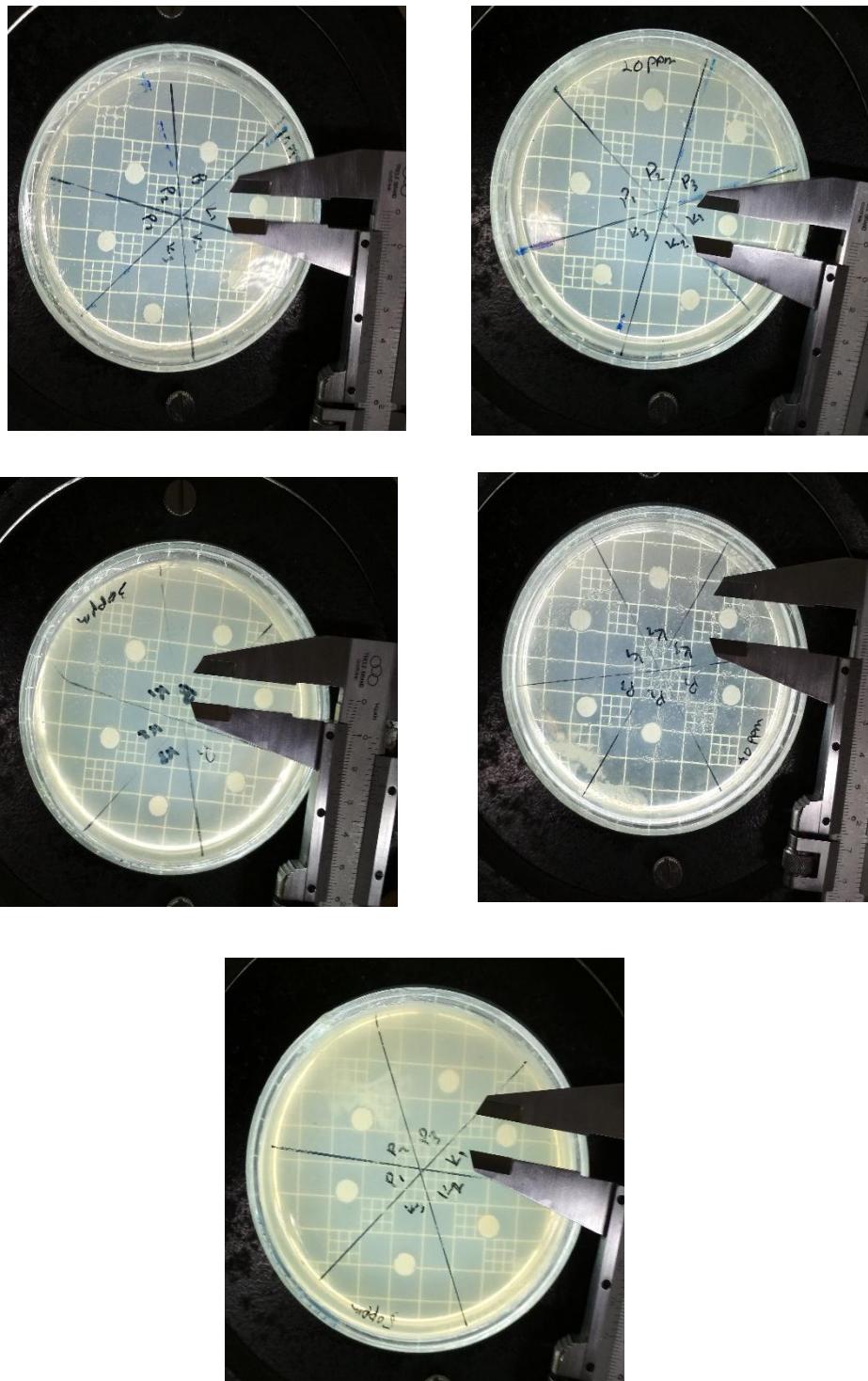
Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Koloid perak ionik 50 ppm



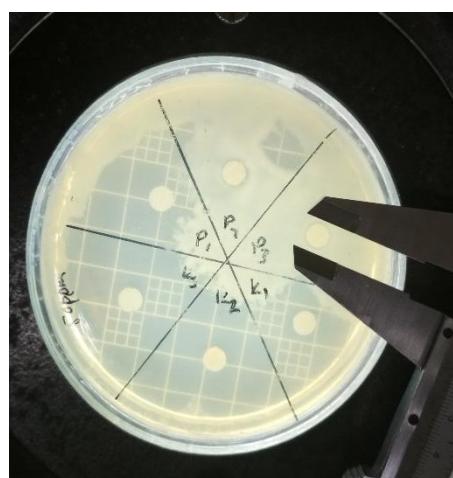
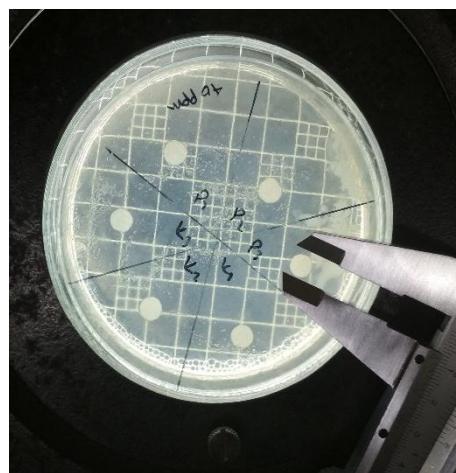
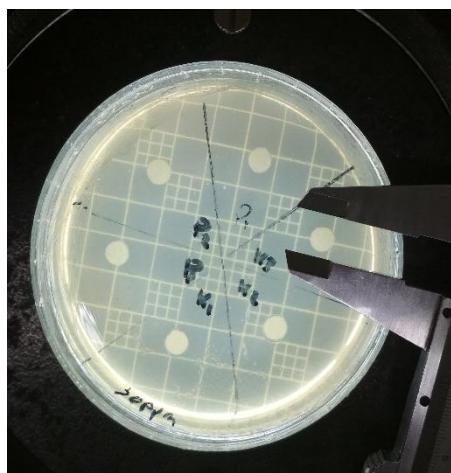
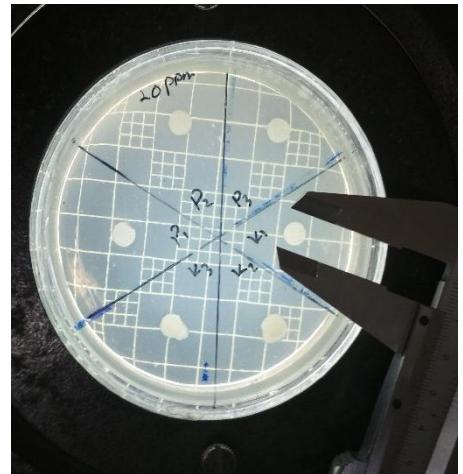
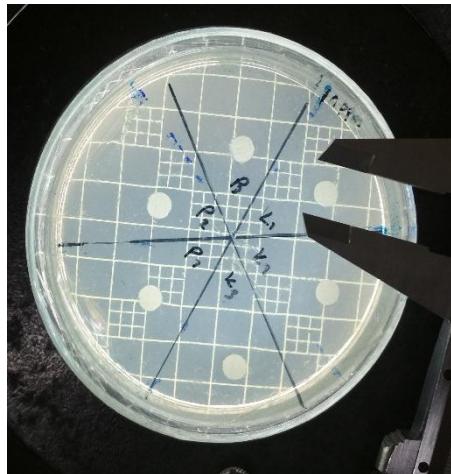
# **LAMPIRAN B**

## **Foto Uji Aktivitas Antijamur**

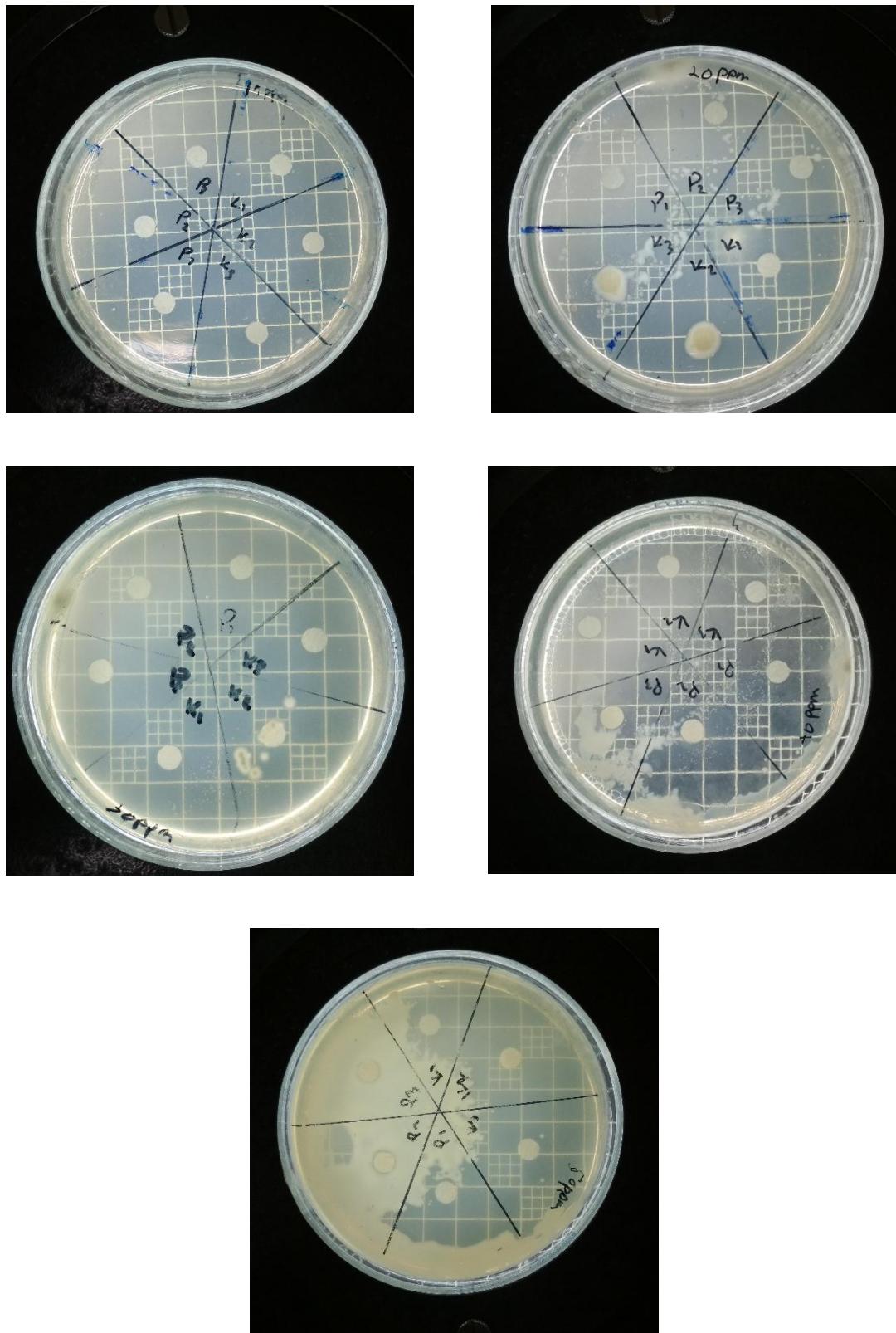
Waktu pengamatan 12 Jam



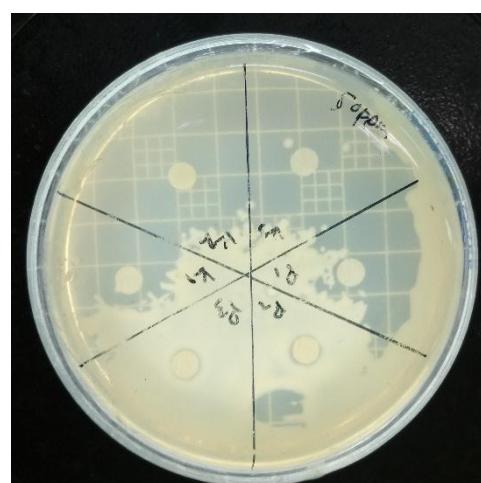
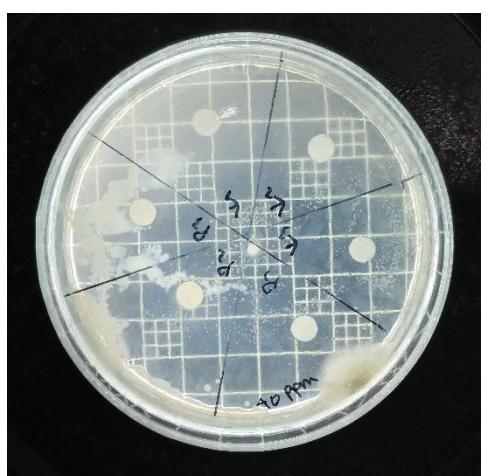
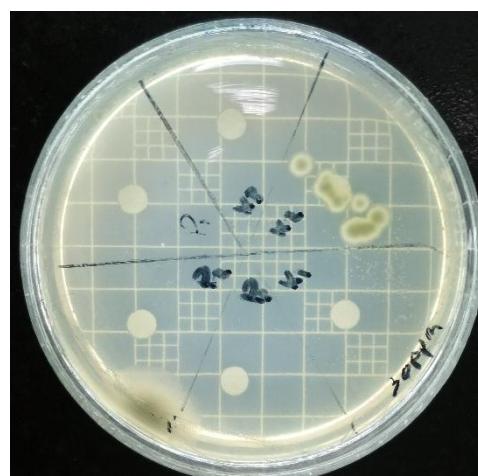
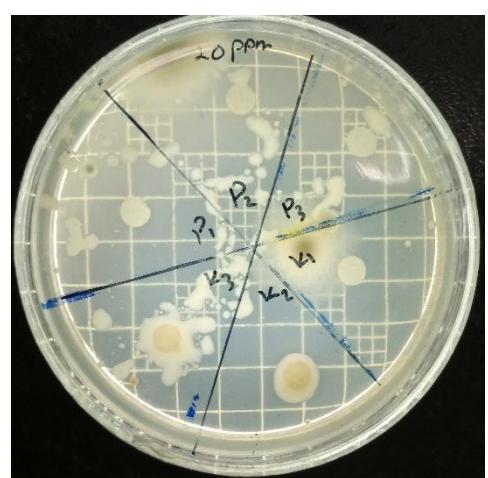
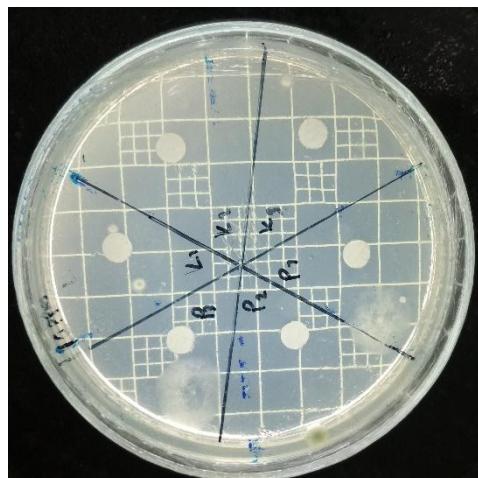
Waktu pengamatan 24 Jam



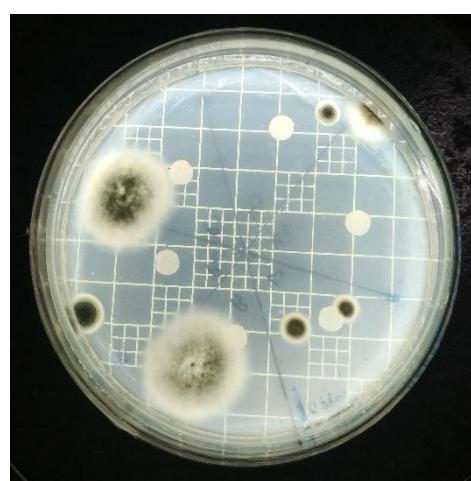
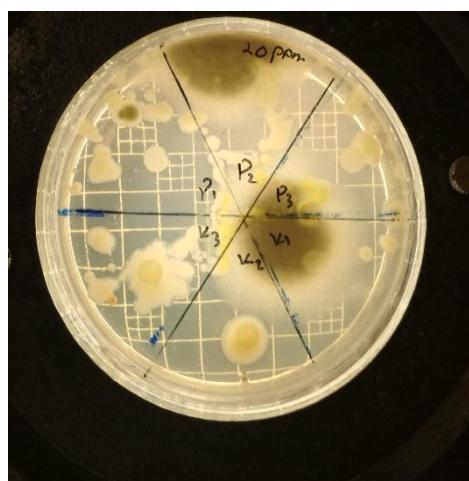
Waktu pengamatan 36 Jam



Waktu pengamatan 48 Jam



Waktu pengamatan 60 Jam



# **LAMPIRAN C**

## **Data Uji Aktivitas Antijamur**

|           |       |        |       |       |           |          |          |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-----------|----------|----------|
| 26-5-2018 | 10,22 | 12 Jam |       |       |           |          |          |
| 50 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 1.195 | 1.135  | 0.97  | 1.065 | 1.09125   | 1.03125  | 0.077785 |
| P2        | 0.95  | 1      | 0.93  | 1.05  | 0.9825    |          |          |
| P3        | 1.06  | 1.03   | 0.96  | 1.03  | 1.02      |          |          |
| K1        | 0.95  | 1.06   | 0.975 | 0.935 | 0.98      | 0.974583 | 0.073251 |
| K2        | 1.085 | 0.82   | 0.955 | 1.02  | 0.97      |          |          |
| K3        | 1.055 | 0.93   | 0.925 | 0.985 | 0.97375   |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 40 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.99  | 0.895  | 0.95  | 0.89  | 0.93125   | 0.917333 | 0.054488 |
| P2        | 0.885 | 0.895  | 1.025 | 0.865 | 0.9175    |          |          |
| P3        | 0.85  | 0.905  | 0.975 | 0.883 | 0.90325   |          |          |
| K1        | 0.975 | 0.9    | 1.1   | 0.9   | 0.96875   | 0.9375   | 0.082089 |
| K2        | 0.97  | 0.95   | 0.905 | 1.05  | 0.96875   |          |          |
| K3        | 0.95  | 0.825  | 0.91  | 0.815 | 0.875     |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 30 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.905 | 0.875  | 0.805 | 0.975 | 0.89      | 0.89     | 0.070475 |
| P2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| P3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K1        | 0.95  | 0.85   | 0.86  | 0.955 | 0.90375   | 0.89125  | 0.049335 |
| K2        | 0.94  | 0.83   | 0.87  | 0.875 | 0.87875   |          |          |
| K3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 20 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.88  | 0.8    | 0.805 | 0.84  | 0.83125   | 0.797917 | 0.049381 |
| P2        | 0.785 | 0.83   | 0.855 | 0.705 | 0.79375   |          |          |
| P3        | 0.745 | 0.8    | 0.755 | 0.775 | 0.76875   |          |          |
| K1        | 0.755 | 0.81   | 0.77  | 0.875 | 0.8025    | 0.788333 | 0.053314 |
| K2        | 0.715 | 0.725  | 0.8   | 0.77  | 0.7525    |          |          |
| K3        | 0.855 | 0.725  | 0.825 | 0.835 | 0.81      |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 10 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | -     | -      | -     | -     |           | 0.721875 | 0.030465 |
| P2        | 0.725 | 0.765  | 0.735 | 0.705 | 0.7325    |          |          |

|           |       |        |       |       |           |          |          |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-----------|----------|----------|
| P3        | 0.66  | 0.72   | 0.725 | 0.74  | 0.71125   |          |          |
| K1        | 0.705 | 0.77   | 0.725 | 0.695 | 0.72375   | 0.724583 | 0.025087 |
| K2        | 0.7   | 0.705  | 0.765 | 0.715 | 0.72125   |          |          |
| K3        | 0.74  | 0.74   | 0.73  | 0.705 | 0.72875   |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 26-5-2018 | 20,10 | 24 Jam |       |       |           |          |          |
| 50 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.81  | 0.785  | 0.75  | 0.765 | 0.7775    | 0.712083 | 0.054708 |
| P2        | 0.73  | 0.66   | 0.675 | 0.685 | 0.6875    |          |          |
| P3        | 0.66  | 0.675  | 0.705 | 0.645 | 0.67125   |          |          |
| K1        | 0.975 | 1.105  | 0.95  | 1.1   | 1.0325    | 0.98     | 0.108649 |
| K2        | 1.045 | 1.1    | 1.1   | 0.915 | 1.04      |          |          |
| K3        | 0.805 | 0.85   | 0.865 | 0.95  | 0.8675    |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 40 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.995 | 0.85   | 0.725 | 0.955 | 0.88125   | 0.919167 | 0.086834 |
| P2        | 0.81  | 0.99   | 0.925 | 0.9   | 0.90625   |          |          |
| P3        | 0.96  | 0.965  | 0.925 | 1.03  | 0.97      |          |          |
| K1        | 0.965 | 0.88   | 0.95  | 0.82  | 0.90375   | 0.9125   | 0.058988 |
| K2        | 0.995 | 0.87   | 0.98  | 0.93  | 0.94375   |          |          |
| K3        | 0.88  | 0.91   | 0.82  | 0.95  | 0.89      |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 30 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 1.1   | 0.84   | 0.9   | 0.805 | 0.91125   | 0.91125  | 0.131806 |
| P2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| P3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K1        | 0.835 | 0.795  | 0.815 | 0.775 | 0.805     | 0.853125 | 0.064139 |
| K2        | 0.9   | 0.875  | 0.975 | 0.855 | 0.90125   |          |          |
| K3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 20 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.88  | 0.875  | 0.825 | 0.795 | 0.84375   | 0.84625  | 0.033448 |
| P2        | 0.88  | 0.815  | 0.85  | 0.86  | 0.85125   |          |          |
| P3        | 0.865 | 0.785  | 0.875 | 0.85  | 0.84375   |          |          |
| K1        | 0.875 | 0.75   | 0.7   | 0.795 | 0.78      | 0.760625 | 0.062074 |

|           |       |        |       |       |           |          |          |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-----------|----------|----------|
| K2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K3        | 0.81  | 0.7    | 0.71  | 0.745 | 0.74125   |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 10 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | -     | -      | -     | -     |           | 0.71375  | 0.039074 |
| P2        | 0.715 | 0.7    | 0.725 | 0.8   | 0.735     |          |          |
| P3        | 0.7   | 0.685  | 0.715 | 0.67  | 0.6925    |          |          |
| K1        | 0.77  | 0.725  | 0.755 | 0.74  | 0.7475    | 0.764375 | 0.036979 |
| K2        | 0.805 | 0.815  | 0.715 | 0.79  | 0.78125   |          |          |
| K3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 27-5-2018 | 10,00 | 36 Jam |       |       |           |          |          |
| 50 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.855 | 0.825  | 0.85  | 0.875 | 0.85125   | 0.702917 | 0.177117 |
| P2        | 0.7   | 0.675  | 0.66  | 0.695 | 0.6825    |          |          |
| P3        | 0.695 | 0.2    | 0.71  | 0.695 | 0.575     |          |          |
| K1        | 1.165 | 1.05   | 1.025 | 1     | 1.06      | 1.019583 | 0.079022 |
| K2        | 1.055 | -      | -     | -     | 1.055     |          |          |
| K3        | 0.92  | 0.905  | 0.96  | 0.99  | 0.94375   |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 40 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.8   | 0.7    | 0.775 | 0.815 | 0.7725    | 0.770833 | 0.047617 |
| P2        | 0.755 | 0.735  | 0.8   | 0.87  | 0.79      |          |          |
| P3        | 0.725 | 0.77   | 0.72  | 0.785 | 0.75      |          |          |
| K1        | 0.815 | 0.775  | 0.735 | 0.855 | 0.795     | 0.831667 | 0.079325 |
| K2        | 0.995 | 0.93   | 0.895 | 0.83  | 0.9125    |          |          |
| K3        | 0.775 | 0.845  | 0.805 | 0.725 | 0.7875    |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 30 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 1.05  | 0.875  | 0.895 | 0.795 | 0.90375   | 0.90375  | 0.106644 |
| P2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| P3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K1        | 0.85  | 0.795  | 0.88  | 0.815 | 0.835     | 0.835    | 0.037639 |
| K2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |

| 20 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-----------|----------|----------|
| P1        | 0.87  | 0.82   | 0.855 | 0.75  | 0.82375   | 0.791667 | 0.0528   |
| P2        | 0.77  | 0.73   | 0.725 | 0.78  | 0.75125   |          |          |
| P3        | 0.87  | 0.815  | 0.75  | 0.765 | 0.8       |          |          |
| K1        | 0.895 | 0.75   | 0.775 | 0.795 | 0.80375   | 0.80375  | 0.063558 |
| K2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 10 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | -     | -      | -     | -     |           | 0.711875 | 0.022351 |
| P2        | 0.75  | 0.725  | 0.7   | 0.695 | 0.7175    |          |          |
| P3        | 0.715 | 0.72   | 0.675 | 0.715 | 0.70625   |          |          |
| K1        | 0.79  | 0.75   | 0.745 | 0.7   | 0.74625   | 0.7375   | 0.033058 |
| K2        | 0.765 | 0.745  | 0.705 | 0.7   | 0.72875   |          |          |
| K3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 27-5-2018 | 20,00 | 48 Jam |       |       |           |          |          |
| 50 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.825 | 0.745  | 0.7   | 0.715 | 0.74625   | 0.703333 | 0.04433  |
| P2        | 0.665 | 0.685  | 0.66  | 0.68  | 0.6725    |          |          |
| P3        | 0.69  | 0.685  | 0.7   | 0.69  | 0.69125   |          |          |
| K1        | 1.06  | 0.94   | 0.995 | 1.05  | 1.01125   | 0.954375 | 0.077203 |
| K2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K3        | 0.945 | 0.925  | 0.84  | 0.88  | 0.8975    |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 40 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.825 | 0.77   | 0.74  | 0.75  | 0.77125   | 0.769583 | 0.052417 |
| P2        | 0.775 | 0.88   | 0.715 | 0.745 | 0.77875   |          |          |
| P3        | 0.83  | 0.73   | 0.775 | 0.7   | 0.75875   |          |          |
| K1        | 0.775 | 0.8    | 0.78  | 0.805 | 0.79      | 0.824167 | 0.068385 |
| K2        | 0.935 | 0.845  | 0.915 | 0.94  | 0.90875   |          |          |
| K3        | 0.75  | 0.77   | 0.805 | 0.77  | 0.77375   |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 30 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.83  | 0.86   | 0.85  | 0.86  | 0.85      | 0.85     | 0.014142 |
| P2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |

|           |       |        |       |       |           |          |          |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-----------|----------|----------|
| P3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K1        | 0.85  | 0.765  | 0.845 | 0.83  | 0.8225    | 0.8225   | 0.039264 |
| K2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 20 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.82  | 0.85   | 0.8   | 0.795 | 0.81625   | 0.790833 | 0.038661 |
| P2        | 0.73  | 0.745  | 0.805 | 0.775 | 0.76375   |          |          |
| P3        | 0.795 | 0.78   | 0.85  | 0.745 | 0.7925    |          |          |
| K1        | 0.805 | 0.665  | 0.77  | 0.725 | 0.74125   | 0.74125  | 0.060467 |
| K2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 10 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | -     | -      | -     | -     |           | 0.709375 | 0.03278  |
| P2        | 0.735 | 0.775  | 0.7   | 0.69  | 0.725     |          |          |
| P3        | 0.685 | 0.675  | 0.72  | 0.695 | 0.69375   |          |          |
| K1        | 0.66  | 0.7    | 0.685 | 0.705 | 0.6875    | 0.6975   | 0.019821 |
| K2        | 0.72  | 0.71   | 0.715 | 0.685 | 0.7075    |          |          |
| K3        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 28-5-2018 | 10,00 | 60 Jam |       |       |           |          |          |
| 50 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.78  | 0.735  | 0.725 | 0.715 | 0.73875   | 0.690833 | 0.040945 |
| P2        | 0.66  | 0.655  | 0.665 | 0.65  | 0.6575    |          |          |
| P3        | 0.7   | 0.65   | 0.685 | 0.67  | 0.67625   |          |          |
| K1        | 0.75  | 0.795  | 0.87  | 0.77  | 0.79625   | 0.781875 | 0.062045 |
| K2        | -     | -      | -     | -     |           |          |          |
| K3        | 0.83  | 0.835  | 0.695 | 0.71  | 0.7675    |          |          |
|           |       |        |       |       |           |          |          |
| 40 ppm    | 1     | 2      | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil    | SD       |
| P1        | 0.705 | 0.715  | 0.745 | 0.69  | 0.71375   | 0.730833 | 0.026785 |
| P2        | 0.77  | 0.75   | 0.72  | 0.74  | 0.745     |          |          |
| P3        | 0.77  | 0.705  | 0.75  | 0.71  | 0.73375   |          |          |
| K1        | 0.855 | 0.75   | 0.73  | 0.705 | 0.76      | 0.749167 | 0.047665 |
| K2        | 0.8   | 0.785  | 0.695 | 0.72  | 0.75      |          |          |

|        |       |       |       |       |           |         |          |
|--------|-------|-------|-------|-------|-----------|---------|----------|
| K3     | 0.77  | 0.76  | 0.72  | 0.7   | 0.7375    |         |          |
|        |       |       |       |       |           |         |          |
| 30 ppm | 1     | 2     | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil   | SD       |
| P1     | 0.75  | 0.8   | 0.825 | 0.775 | 0.7875    | 0.7175  | 0.06138  |
| P2     | 0.705 | -     | -     | -     | 0.705     |         |          |
| P3     | 0.66  | -     | -     | -     | 0.66      |         |          |
| K1     | 0.86  | 0.75  | 0.77  | 0.735 | 0.77875   | 0.77875 | 0.056032 |
| K2     | -     | -     | -     | -     |           |         |          |
| K3     | -     | -     | -     | -     |           |         |          |
|        |       |       |       |       |           |         |          |
| 20 ppm | 1     | 2     | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil   | SD       |
| P1     | 0.7   | 0.785 | 0.77  | 0.72  | 0.74375   | 0.74375 | 0.040285 |
| P2     | -     | -     | -     | -     |           |         |          |
| P3     | -     | -     | -     | -     |           |         |          |
| K1     | 0.67  | 0.6   | 0.6   | 0.6   | 0.6175    | 0.6175  | 0.035    |
| K2     | -     | -     | -     | -     |           |         |          |
| K3     | -     | -     | -     | -     |           |         |          |
|        |       |       |       |       |           |         |          |
| 10 ppm | 1     | 2     | 3     | 4     | Rata-Rata | Hasil   | SD       |
| P1     | 0.675 | 0.675 | 0.65  | 0.72  | 0.68      | 0.6875  | 0.073582 |
| P2     | 0.85  | 0.67  | 0.66  | 0.6   | 0.695     |         |          |
| P3     | -     | -     | -     | -     |           |         |          |
| K1     | 0.7   | 0.66  | 0.67  | 0.695 | 0.68125   | 0.67375 | 0.02031  |
| K2     | 0.675 | 0.68  | 0.635 | 0.675 | 0.66625   |         |          |
| K3     | -     | -     | -     | -     |           |         |          |

| 12     | Jam | Rata-Rata | SD       | 24     | Jam | Rata-Rata | SD       |
|--------|-----|-----------|----------|--------|-----|-----------|----------|
| 50 ppm | P   | 1.03125   | 0.077785 | 50 ppm | P   | 0.712083  | 0.054708 |
|        | K   | 0.974583  | 0.073251 |        | K   | 0.98      | 0.108649 |
| 40 ppm | P   | 0.917333  | 0.054488 | 40 ppm | P   | 0.919167  | 0.086834 |
|        | K   | 0.9375    | 0.082089 |        | K   | 0.9125    | 0.058988 |
| 30 ppm | P   | 0.89      | 0.070475 | 30 ppm | P   | 0.91125   | 0.131806 |
|        | K   | 0.89125   | 0.049335 |        | K   | 0.853125  | 0.064139 |
| 20 ppm | P   | 0.797917  | 0.049381 | 20 ppm | P   | 0.84625   | 0.033448 |
|        | K   | 0.788333  | 0.053314 |        | K   | 0.760625  | 0.062074 |
| 10 ppm | P   | 0.721875  | 0.030465 | 10 ppm | P   | 0.71375   | 0.039074 |
|        | K   | 0.724583  | 0.025087 |        | K   | 0.764375  | 0.036979 |

| 36     | Jam | Rata-Rata | SD       | 48     | Jam | Rata-Rata | SD       |
|--------|-----|-----------|----------|--------|-----|-----------|----------|
| 50 ppm | P   | 0.702917  | 0.177117 | 50 ppm | P   | 0.703333  | 0.04433  |
|        | K   | 1.019583  | 0.079022 |        | K   | 0.954375  | 0.077203 |
| 40 ppm | P   | 0.770833  | 0.047617 | 40 ppm | P   | 0.769583  | 0.052417 |
|        | K   | 0.831667  | 0.079325 |        | K   | 0.824167  | 0.068385 |
| 30 ppm | P   | 0.90375   | 0.106644 | 30 ppm | P   | 0.85      | 0.014142 |
|        | K   | 0.835     | 0.037639 |        | K   | 0.8225    | 0.039264 |
| 20 ppm | P   | 0.791667  | 0.0528   | 20 ppm | P   | 0.790833  | 0.038661 |
|        | K   | 0.80375   | 0.063558 |        | K   | 0.74125   | 0.060467 |
| 10 ppm | P   | 0.711875  | 0.022351 | 10 ppm | P   | 0.709375  | 0.03278  |
|        | K   | 0.7375    | 0.033058 |        | K   | 0.6975    | 0.019821 |
|        |     |           |          |        |     |           |          |
| 60     | Jam | Rata-Rata | SD       |        |     |           |          |
| 50 ppm | P   | 0.690833  | 0.040945 |        |     |           |          |
|        | K   | 0.781875  | 0.062045 |        |     |           |          |
| 40 ppm | P   | 0.730833  | 0.026785 |        |     |           |          |
|        | K   | 0.749167  | 0.047665 |        |     |           |          |
| 30 ppm | P   | 0.7175    | 0.06138  |        |     |           |          |
|        | K   | 0.77875   | 0.056032 |        |     |           |          |
| 20 ppm | P   | 0.74375   | 0.040285 |        |     |           |          |
|        | K   | 0.6175    | 0.035    |        |     |           |          |
| 10 ppm | P   | 0.6875    | 0.073582 |        |     |           |          |
|        | K   | 0.67375   | 0.02031  |        |     |           |          |

\*catatan

Tanda “-“ berarti tidak terukur

Satuan dalam cm

P : Nanopartikel perak ionik

K : Koloid perak ionik