

**KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DENGAN
METODE ELEKTROLISIS DAN PENGAPLIKASINYA UNTUK
MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI PENYEBAB JERAWAT**

(Staphylococcus epidermidis)

TUGAS AKHIR SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains**



Oleh :

Riski Putri Mardikani

NIM 15306141037

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DENGAN METODE ELEKTROLISIS DAN PENGAPLIKASINYA UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI PENYEBAB JERAWAT *(Staphylococcus Epidermidis)*

Disusun Oleh :

Riski Putri Mardikani

15306141037

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



Yogyakarta, 17 - 06 - 2016

Ketua Program Studi Fisika

A handwritten signature enclosed within a large, roughly oval-shaped outline.

Nur Kadarisman, M.Si

NIP.196402051991011001

Dosen Pembimbing

A handwritten signature consisting of two distinct, overlapping strokes.

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

NIP.196008141988031003

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DENGAN METODE ELEKTROLISIS DAN PENGAPLIKASINYA UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI PENYEBAB JERAWAT

(*Staphylococcus epidermidis*)

Disusun Oleh :

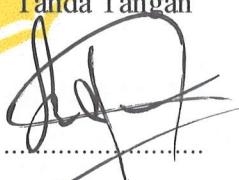
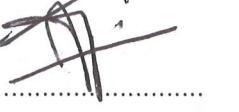
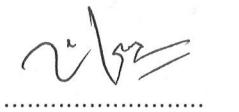
Riski Putri Mardikani

15306141037

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

Pada tanggal 27 Juni 2019

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Suparno, M.App.Sc., Ph.D	Ketua Penguji		11/07/2019
NIP. 196008141988031003			
Dr. Ariswan, M.Si., DEA	Penguji Utama		10/07/2019
NIP. 195909141988031003			
Laila Katriani, M.Si	Sekretaris Penguji		10/07/2019
NIP. 198504152012122001			

Yogyakarta, 15 Juli 2019

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Riski Putri Mardikani

NIM : 15306141037

Prodi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : Karakterisasi Nanopartikel Perak Ionik dengan Metode Elektrolisis dan Pengaplikasianya untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri Penyebab Jerawat (*Staphylococcus epidermidis*).

Menyatakan bahwa karya ilmiah ini adalah hasil pekerjaan saya dan sepanjang pengetahuan saya, tidak berisi materi yang telah di publikasikan atau ditulis orang lain atau telah di gunakan sebagai persyaratan penyelesaian studi di Perguruan Tinggi kecuali pada bagian- bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan. Apabila ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, dan saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 27 Juni 2019

Yang Menyatakan



Riski Putri Mardikani

NIM 15306141037

MOTTO

“Sebenarnya apa yang engkau cari? Jika segala hal yang kau dapatkan tidak bisa membawamu ke Surga” -Anonim-

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sujud syukur kupersembahkan kepada-Mu Ya Allah, atas segala rahmat dan kasih sayang Mu sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir skripsi saya dengan segala kekurangannya. Terimakasih, atas takdir-Mu saya dapat menikmati indahnya menuntut ilmu. Semoga ilmu yang tidak seberapa ini dapat menjadi bekal saya dalam menapaki masa depan meraih cita-cita.

Karya sederhana ini, saya persembahkan untuk

Ibu saya; Ibu saya; Ibu saya; Khasanah

&

Bapak saya; Purwo Sumedi

Sungguh sampai kapanpun saya tidak akan bisa membalas semua kebaikan engkau. Tiada kata yang dapat mewakili segala cinta serta kasih sayangmu selama ini. Terimakasih untuk tidak pernah lelah bersamai. Semoga Allah selalu meridhoi dalam naungan rahmat serta kasih sayang-Nya.

Adik saya; Urip Sabarno

Semoga bisa kaya namamu ya Le. Terimakasih sudah sering mengalah dan maaf jika belum bisa menjadi kakak yang baik. Semoga Allah senantiasa melimpahcurahkan rahmat-Nya kepadamu.

**Karakterisasi Nanopartikel Perak Ionik dengan Menggunakan Metode
Elektrolisis dan Pengaplikasinya untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri
Penyebab Jerawat (*Staphylococcus epidermidis*)**

Oleh
Riski Putri Mardikani
15306141037

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama waktu elektrolisis nanopartikel perak terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan, mengetahui karakteristik nanopartikel perak ionik yang dihasilkan menggunakan TDS, Spektrofotometer UV-Vis, AAS dan PSA, dan mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik terhadap zona hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*.

Produksi nanopartikel perak dilakukan dengan elektrolisis dua batang perak yang berperan sebagai elektroda menggunakan tegangan 19 volt dengan 400 ml akuades selama 100 menit. Pengukuran konsentrasi dan konduktivitas listrik serta pergantian polaritas elektroda dilakukan setiap 10 menit. Larutan nanopartikel kemudian diuapkan dan diencerkan menjadi 5 variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Sampel 10 ppm, 30 ppm, dan 40 ppm kemudian diuji dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan AAS. Sampel 30 ppm diuji dengan PSA. Sampel nanopartikel perak ionik kemudian dimanfaatkan untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis* dengan metode *disk diffusion*.

Semakin lama waktu elektrolisis maka konsentrasi nanopartikel perak akan semakin besar. Keberadaan nanopartikel perak ditunjukkan oleh hasil spektrofotometer UV-Vis dengan puncak absorbansi maksimum pada sampel berada dalam rentang panjang gelombang 414-415 nm. Konsentrasi nanopartikel perak ionik dalam larutan sebesar 2,8 ppm; 25,3 ppm; dan 34,3 ppm. Ukuran nanopartikel perak pada konsentrasi 25,3 ppm sebesar 56 nm. Pengujian daya hambat pada bakteri *Staphylococcus epidermidis* menunjukkan adanya diameter zona bening yang semakin besar seiring besarnya konsentrasi nanopartikel perak ionik yang diujikan.

Kata Kunci: elektrolisis, nanopartikel perak ionik, Spektrofotometer UV-Vis, PSA, antibakteri, *Staphylococcus epidermidis*

**Characterization of Ionic Silver Nanoparticles Using Electrolysis Methods
and their Application to Inhibit Bacterial Growth for Acne Causes**
(Staphylococcus epidermidis)

By

Riski Putri Mardikani

15306141037

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of the electrolysis time of silver nanoparticles to the concentration of ionic silver nanoparticles that are produced, determine the characteristics of ionic silver nanoparticles produced using TDS, UV-Vis, AAS and PSA spectrophotometers, and determine the effect of ionic silver nanoparticles on bacterial growth inhibition zones of *Staphylococcus epidermidis*.

The production of silver nanoparticles was carried out by electrolysis of two silver rods which are functioned as electrodes using a voltage of 19 volts with 400 ml of distilled water for 100 minutes. Measurement of concentration and electrical conductivity as well as the change of electrode polarity were carried out every 10 minutes. Then, the nanoparticle solution was evaporated and diluted to 5 variations in concentrations of 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm and 50 ppm. Samples of 10 ppm, 30 ppm and 40 ppm were tested using a UV-Vis and AAS spectrophotometer. A sample of 30 ppm was tested by PSA. Ionic silver nanoparticles were used to inhibit the growth of *Staphylococcus epidermidis* bacteria with the disk diffusion method.

The longer of the electrolysis, the concentration of silver nanoparticles will be greater. The presence of silver nanoparticles is shown by the UV-Vis spectrophotometer with the maximum absorbance peak in the sample with the wavelength range 414-415 nm. The concentration of ionic silver nanoparticles in a solution of 2.8 ppm; 25.3 ppm; and 34.3 ppm. The size of silver nanoparticles at a concentration of 25.3 ppm was 56 nm. This inhibitory power testing in *Staphylococcus epidermidis* bacteria showed a clear zone diameter which increasingly grow together with the concentration of ionic silver nanoparticles tested.

Keywords: electrolysis, ionic silver nanoparticles, UV-Vis, PSA, antibacterial spectrophotometer, *Staphylococcus epidermidis*.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan rahmatnya sehingga penyusunan tugas akhir skripsi yang berjudul “**Karakterisasi Nanopartikel Perak Ionik dengan Metode Elektrolisis dan Aplikasinya untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri Penyebab Jerawat (*Staphylococcus epidermidis*)**” dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan baginda Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat, serta umatnya hingga akhir zaman.

Dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

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

5. Bapak Agus Purwanto, M.Sc., selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan izin dan memberikan bimbingan serta arahan dalam pelaksanaan perkualihan dan tugas akhir skripsi.
6. Semua Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang bermanfaat.
7. Bapak Haris Murtanto selaku Laboran Fisika Material yang telah memberi pinjaman alat serta membantu dalam pelaksanaan penelitian.
8. Ibu Tutik selaku Laboran Mikrobiologi yang telah menyediakan dan membantu dalam pelaksanaan penelitian.
9. Kendis dan Hanan serta teman-teman seperjuangan konsentrasi Fisika Koloid dan Material yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penelitian ini.
10. Teman-teman FISIKA E 2015 dan Pejuang Cumlaud Squad (Uwi, Salamah dan Kendis) yang selalu memberi dukungan serta motivasi.
11. Saudara kandung Rieska (Zufita, Rieska, Anas, dan Galuh) yang telah memberikan hiburan selama proses penyusunan skripsi.
12. Keluarga BEM FMIPA UNY 2016, 2017, 2018 yang telah menjadi rumah dikala senang maupun susah. Terimakasih atas pembelajaran serta pengalaman yang begitu berharga.
13. Seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan naskah tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak untuk penulisan yang lebih baik. semoga naskah skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 27 Juni 2018

Yang menyatakan

Riski Putri Mardikani
NIM. 15306141037

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBERAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Nanoteknologi dan Perkembangannya.....	7
B. Perak.....	8
C. Nanopartikel Perak.....	9
D. Metode Elektrolisis	11
E. Evaporasi.....	12
F. Spektrofotometer UV-Vis	13
G. AAS (<i>Atomic Absorbtion Spectroscopy</i>).....	15

H. PSA (<i>Particle Size Analyzer</i>)	17
I. <i>Staphylococcus epidermidis</i>	20
J. Metode <i>Disk Diffution</i>	21
K. Kerangka Berpikir.....	22

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	24
B. Jenis Penelitian.....	24
C. Variabel Penelitian	24
D. Alat dan Bahan Penelitian	26
E. Tahapan Penelitian	28
1. Tahap Produksi	28
2. Tahap Karakterisasi.....	29
3. Tahap Aplikasi	30
F. Diagram Alir Penelitian	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Produksi	34
1. Elektrolisis Nanopartikel Perak	34
2. Pengukuran <i>Electric Conductivity</i>	38
B. Tahap Karakterisasi.....	40
1. Hasil Pengujian Spectrofotometer UV-Vis.....	40
2. Hasil Pengujian AAS	43
3. Hasil Pengujian PSA	44
C. Tahap Aplikasi	45
1. Hasil Pengujian Aktivitas Antibakteri	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	50
B. Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA **52**

LAMPIRAN..... **55**

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Hasil Elektrolisis.....	35
Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Konduktivitas Listrik.....	39
Tabel 3. Data Hasil Uji AAS	43
Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Diameter Nanopartikel Perak	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tabel Periodik.....	8
Gambar 2. Larutan Nanopartikel Perak (Oldenburg, 2011)	10
Gambar 3. Skema Proses Elektrolisis.....	11
Gambar 4. Evaporasi	12
Gambar 5. Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis (Suhartati T, 2017)	14
Gambar 6. Contoh Kurva Kalibrasi.....	16
Gambar 7. Skema Komponen Alat AAS (Haswell, 1991)	17
Gambar 8. Alat SZ100 Horiba.....	18
Gambar 9. Teknik <i>Dynamic Light Scattering</i>	18
Gambar 10. <i>Staphylococcus epidermidis</i>	20
Gambar 11. Metode <i>Disk Diffusion</i>	22
Gambar 12. Proses Elektrolisis Nanopartikel Perak Ionik	28
Gambar 13. Alat dan Media yang Akan Disterilisasi.....	30
Gambar 14. Media <i>Nutrient Agar</i>	31
Gambar 15. Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 16. Grafik Hubungan antara Konsentrasi NP Terhadap Lama Waktu Elektrolisis Pada Tegangan 19 V	35
Gambar 17. Analisis Polinomial Hubungan Antara Lama Waktu Elektrolisis Terhadap Konsentrasi Nanopartikel Perak Ionik	36
Gambar 18. Perbandingan Warna Akuades.....	37
Gambar 19. Nanopartikel dengan Konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm	38

Gambar 20. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Nanopartikel Perak Ionik dengan Konduktivitas Listrik	39
Gambar 21. Grafik Hasil Uji UV-Vis.....	41
Gambar 22. Grafik Diameter Zona Bening	46
Gambar 23. Diameter Zona Bening Pada Fase Stasioner.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Data Uji Spektrofotometer UV-Vis	56
Lampiran B. Data Uji Atomic Absorbtion Spectroscopy.....	60
Lampiran C. Data Uji Particle Size Analyzer	65
Lampiran D. Foto Uji Aktivitas Antibakteri	67
Lampiran E. Data Uji Aktivitas Antibakteri	71

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bakteri merupakan salah satu golongan organisme prokariotik atau tidak memiliki selubung inti namun memiliki DNA yang disebut nukleoi. Berdasarkan manfaatnya, bakteri dibedakan menjadi dua, yaitu bakteri yang menguntungkan dan bakteri yang merugikan. Salah satu bakteri yang menguntungkan bagi manusia adalah bakteri E coli yang ditemukan di dalam usus guna membantu proses pencernaan. Selain bakteri yang menguntungkan, ada bakteri yang merugikan manusia misalnya *Staphylococcus epidermidis*. Jenis bakteri ini termasuk stafilokokus koagulase negatif yang merupakan flora normal pada manusia, namun ketika kulit mengalami luka, maka bakteri ini akan memperparah luka sehingga dapat menyebabkan infeksi yang lebih parah. Sekitar 75% infeksi disebabkan oleh stafilokokus koagulase negatif (Jawetz *et al.*, 2005).

Infeksi bakteri yang sering terjadi di lingkungan sekitar salah satunya adalah jerawat. Jerawat merupakan radang yang dapat terjadi pada kulit yang banyak menghasilkan minyak dan sering terkena interaksi langsung dengan udara. Meskipun jerawat bukan merupakan gangguan kulit yang fatal namun cukup merisaukan penderita, baik wanita maupun laki-laki karena hal ini berhubungan dengan menurunnya tingkat kepercayaan diri akibat berkurangnya keindahan pada wajah/kulit penderita (Meilina & Aliya, 2018).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Shen pada tahun 2012 pada studi 6 kota di Cina didapatkan sebanyak 1.399 penduduk dari 17.345 penduduk memiliki

jerawat. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa sebanyak 1,6% penderita jerawat ditemukan pada kelompok umur 10 tahun dan meningkat pesat sekitar 46,8% pada kelompok umur 19 tahun, setelah itu jerawat mereda seiring bertambahnya usia. Pada subjek penelitian lain menunjukkan bahwa 68,4% penduduk memiliki jerawat ringan, 26,0% memiliki jerawat sedang, dan 5,6% memiliki jerawat yang parah.

Di Indonesia sendiri, jerawat menjadi masalah hampir seluruh remaja, dimana sekitar 85% remaja menderita jerawat ringan dan 15% menderita jerawat berat (Widjaya, 2000). Jerawat merupakan gangguan kulit yang umum terjadi, diperkirakan sebanyak 80% jerawat mempengaruhi kehidupan si penderita dan sekitar 20% terdapat jerawat yang parah berakibat pada kondisi psikis, fisik, dan estetika penderita (Fulton, 2012). Jerawat parah disebabkan oleh adanya bakteri yang menginfeksi daerah sekitar kulit berjerawat. Beberapa bakteri penyebab infeksi jerawat adalah *Propionibacterium acnes* (Chomnawang, dkk., 2007), *Staphylococcus aureus* (Sarlina, dkk., 2017), *Staphylococcus epidermidis* (Suryana, dkk., 2017) dll. Oleh karena itu, perlu adanya penanganan terhadap bakteri penyebab infeksi jerawat, salah satunya yaitu dengan antibakteri.

Kemajuan nanoteknologi saat ini memiliki peran penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan Industri termasuk pengembangan nanopartikel untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Nanopartikel yang saat ini banyak dikembangkan sebagai bahan antibakteri adalah nanopartikel perak. Seperti yang telah diketahui bahwa perak sendiri memiliki sifat antibakteri yang

dapat merusak dinding sel, menganggu metabolisme sel, dan menghambat sintesis bakteri.

Menurut Cho dkk, 2005 pada penelitiannya yang mempelajari aktivitas antibakteri nanopartikel perak dan nano partikel platina terhadap bakteri *S. Aureus* dan *E. coli* menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri hanya teramat pada antibakteri nanopartikel perak, sedangkan pada antibakteri nanopartikel platina tidak menunjukkan aktivitas antibakteri.

Aktivitas antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu konsentrasi nanopartikel perak, bentuk nanopartikel perak, jenis bakteri, jumlah koloni bakteri, dan waktu kontak nanopartikel perak dengan bakteri (Sondi et al, 2004). Apabila ukuran nanopartikel perak semakin kecil, maka efek antibakterinya akan semakin besar. Hal ini dikarenakan luas permukaan nanopartikel perak semakin besar sehingga meningkatkan luas area untuk kontak dengan bakteri, serta meningkatkan efektivitas sebagai antibakteri. Saat partikel perak kontak dengan bakteri, maka partikel perak akan mempengaruhi metabolisme sel dan menghambat pertumbuhan sel. Partikel perak melakukan penetrasi dalam membran sel kemudian mencegah sintesis protein, selanjutnya terjadi penurunan permeabilitas membran, dan pada akhirnya akan menyebabkan kematian sel (Montaizer, dkk., 2012).

Pada umumnya, proses produksi nanopartikel perak dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *bottom up* (kimia) dan metode *top down* (fisika). Metode *bottom up* dilakukan dengan menggabungkan atom-atom atau molekul-molekul atau kluster-kluster membentuk partikel berukuran nanometer yang

dikehendaki. Sedangkan metode *top down* dilakukan dengan cara memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer (Abdullah et.al., 2008). Perkembangan nanoteknologi saat ini dalam proses produksi nanopartikel perak yang banyak dikembangkan adalah dengan metode elektrolisis. Metode ini merupakan turunan dari metode *top down*. Dengan metode elektrolisis ini, nanopartikel perak dapat disintesis dengan cepat dan efisien. Elektrolisis sendiri adalah suatu peristiwa dimana suatu larutan akan diuraikan menjadi ion-ionnya, yaitu ion positif dan ion negatif ketika arus listrik searah dialirkan ke dalam larutan melalui elektroda (Wiharti, 2010).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti telah melakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses produksi dan karakterisasi nanopartikel perak ionik serta uji antibakteri nanopartikel perak ionik terhadap bakteri *Staphylococcus epidermidis*.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Preparasi nanopartikel perak ionik menggunakan metode elektrolisis masih belum banyak dilakukan.
2. Karakteristik nanopartikel perak ionik yang dihasilkan dengan menggunakan metode elektrolisis masih belum banyak diketahui.
3. Informasi tentang pengaruh ion yang terkandung dalam nanopartikel perak ionik untuk menghambat pertumbuhan bakteri masih terbatas.
4. Pemanfaatan nanopartikel perak ionik sebagai antibakteri masih terbatas.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, dalam penelitian ini permasalahan dibatasi pada nanopartikel perak ionik yang diproduksi menggunakan elektrolisis, serta uji antibakteri pada bakteri *Staphylococcus epidermidis* dalam rentan konsentrasi 2,8 ppm; 25,26 ppm; dan 34,29 ppm.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah, didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh lama waktu elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik?
2. Bagaimana karakteristik dari nanopartikel perak ionik yang diproduksi menggunakan metode elektrolisis berdasarkan karakteristik TDS, UV-Vis, AAS, dan PSA ?
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh lama waktu elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik.
2. Mengetahui karakteristik dari nanopartikel perak ionik yang diproduksi menggunakan metode elektrolisis berdasarkan karakteristik TDS, UV-Vis, AAS, dan PSA.
3. Mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Memberikan informasi bahwa larutan nanopartikel perak ionik dapat diproduksi menggunakan metode elektrolisis batang perak.
 - b. Memberikan informasi adanya kandungan nanopartikel perak ionik hasil elektrolisis dengan menggunakan uji Spektrofotometer UV-Vis.
 - c. Memberikan informasi secara kuantitatif adanya nanopartikel perak ionik dalam larutan dengan menggunakan hasil uji AAS.
 - d. Memberikan informasi secara kuantitatif mengenai ukuran nanopartikel perak ionik dengan menggunakan hasil uji PSA dengan metode *Dynamic Light Scattering*.
 - e. Memberikan informasi bahwa nanopartikel perak ionik dapat berperan sebagai agen antibakteri guna menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*.
 - f. Sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan nanopartikel perak ionik dengan metode elektrolisis.
2. Bagi Universitas

Sebagai referensi penelitian dalam bidang nanoteknologi sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut.
3. Bagi Masyarakat

Penelitian mengenai nanopartikel perak sebagai agen antibakteri dapat dikembangkan dan diproduksi menjadi produk antibakteri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanoteknologi dan Perkembangannya

Nanoteknologi dapat didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan dan teknologi mengenai proses, manipulasi, manufaktur, dan atau aplikasi suatu bahan/struktur yang salah satu atau lebih dimensinya berukuran 1-100 nanometer (Chaudhry *et al.*, 2008; Garcia *et al.*, 2010; Quintanilla-Carvajal *et al.*, 2010). Nanoteknologi ini berkembang pesat setelah ditemukannya carbon nanotubes oleh Sumio Iijima pada tahun 1991 meskipun konsep dasar nanoteknologi sudah diperkenalkan oleh Richard Feynman pada tahun 1959 dan istilah nanoteknologi pertama kali dipublikasikan oleh Nario Taniguchi pada tahun 1974 (Basset, 2010). Disebabkan ukurannya yang sangat kecil, bahan berukuran naometer dapat menghasilkan sifat fisika-kimia baru, seperti luas permukaan, bentuk, reaktivitas, dan warna yang sangat berbeda dibandingkan material pada ukuran konvensional (Perez-Esteve *et al.*, 2013).

Hasil akhir riset bidang material nano adalah mengubah teknologi yang ada sekarang yang pada umumnya berbasis material berskala mikrometer menjadi teknologi berbasis material berskala nanometer. Hal ini didasari keyakinan bahwa material berukuran nanometer memiliki sifat fisika dan kimia yang lebih unggul. Sifat tersebut dapat diubah melalui mengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan, dan pengontrolan interaksi antarpartikel. Teknologi nano memiliki wilayah dan dampak penerapan yang luas dari berbagai bidang (Ening Ariningsih, 2016).

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 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 adalah salah satu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Ag dengan nomor atom 47. Dalam sistem periodik unsur, perak terdapat pada golongan 1B periode 5. Dalam bahasa latin, perak disebut *Argentum* (Ag). Perak merupakan logam transisi lunak, putih, dan mengkilap (Murni Fitria, 2015).

The image shows the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) Periodic Table of the Elements. The table is a standard layout with elements arranged by atomic number (1 to 118) and organized into groups and periods. Key features include:
- **Key:** A legend at the top left defines symbols and atomic weights.
- **Atomic Number:** Numerical values for each element's atomic number are placed above the element symbols.
- **Symbol:** The standard IUPAC symbol for each element is provided.
- **Atomic Weight:** Standardized atomic weight values are listed for most elements.
- **Notes:** A note at the bottom left explains the use of "aluminum" and "cerium" as alternative spellings.
- **References:** A note at the bottom right provides details about the discovery of elements 113, 115, 117, and 119.
- **Source:** The table is dated May 2013 and is a joint effort of IUPAC and the IUPAP Working Party.
- **Logo:** The IUPAC logo is located at the bottom left of the table area.

Gambar 1. Tabel Periodik (Sumber : iupac.org)

Menurut Soni, 2017 perak pada kulit bumi terdapat dalam bentuk unsur bebas yang bercampur dengan emas dan tembaga, juga terdapat sebagai bijih

agenit(Ag_2S), klorida(AgCl) atau disebut “horn metal”. Unsur-unsurnya terdistribusi luas sebagai logam, dalam sulfida dan arsenida, dan sebagai AgCl .

Selain itu, perak memiliki konduktivitas yang baik, sifat katalitik, dan memiliki aktivitas antimikroba (McGraw-Hill, 2002).

C. Nanopartikel Perak

Penelitian tentang nanomaterial berbahan dasar logam menjadi studi penelitian yang populer belakangan ini, salah satunya yaitu nanomaterial logam yang dikembangkan sebagai agen antibakteri. Hal ini berkaitan dengan keunggulan nanopartikel logam yang memiliki aktivitas antimikroba. Dintara berbagai jenis logam yang ada, perak merupakan logam yang umum digunakan karena sifatnya yang tidak toksik terhadap kulit manusia (Tatang et al., 2011).

Nanopartikel perak memiliki sifat yang stabil dan aplikasinya yang potensial dalam berbagai bidang antara lain sebagai katalis, detektor optik, dan agen antimikroba (Haryono, dkk. 2008). Kerja nanopartikel perak akan semakin efektif apabila ukuran partikel semakin kecil, hal ini berkaitan dengan luas permukaan total partikel perak. Semakin luas permukaan partikel maka akan semakin banyak partikel perak yang kontak dengan bakteri. Pada saat partikel perak kontak dengan bakteri atau jamur maka partikel perak akan mempengaruhi metabolisme sel dan menghambat pertumbuhan sel. Partikel perak melakukan penetrasi dalam membran sel kemudian mencegah sintesis protein selanjutnya terjadi penurunan permeabilitas membran dan selanjutnya dapat menyebabkan kematian sel (Montazer, dkk., 2012).

Nanopartikel perak memiliki serapan dan sebaran cahaya yang sangat efisien, serta tidak seperti bahan lainnya. Warna nanopartikel perak sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk partikel. Hal ini dapat diamati pada Gambar 2.



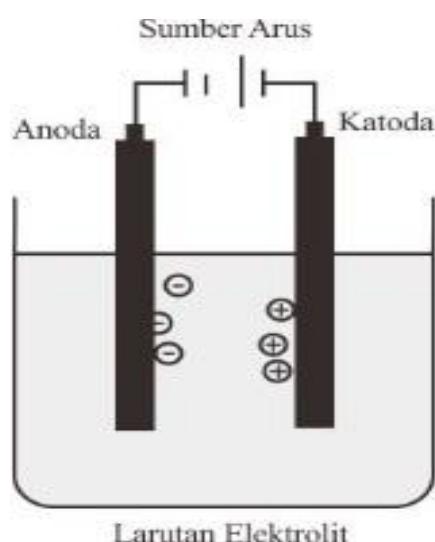
Gambar 2. Larutan nanopartikel perak (Oldenburg, 2011)

Dari Gambar 2 menunjukkan bahwa warna nanopartikel perak bergantung pada ukuran partikelnya. Semakin besar ukuran partikel (anak panah ke kanan), maka hasil uji UV-Vis akan bergeser ke arah warna merah (panjang gelombang makin besar). Nanopartikel perak memiliki kemampuan untuk menyerap cahaya pada panjang gelombang karakteristik tertentu (karena plasmon permukaan metalik) mengarah pada warna kuning (Oldenburg, 2011).

Menurut Je Min Cheon, 2011 sintesis nanopartikel perak lebih efektif menggunakan metode elektrolisis. Dengan metode ini, ion perak secara langsung diekstrak dari batang perak kemudian diubah menjadi nanopartikel oleh agen pereduksi. Selain itu, dengan metode ini akan menghindari tambahan proses pencucian, filtrasi, pengeringan dan re-dispersi di pelarut lain setelah sintesis yang limbahnya dapat mencemari lingkungan. Produksi nanopartikel perak dengan metode elektrolisis juga akan mengurangi biaya sintesis nanopartikel perak tanpa menggunakan bahan dan peralatan yang mahal.

D. Metode Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa penguraian elektrolit dalam sel elektrolisis oleh arus listrik. Dalam sel volta/galvani, reaksi oksidasi reduksi berlangsung dengan spontan, dan energi kimia yang menyertai reaksi kimia diubah menjadi energi listrik. Sedangkan elektrolisis merupakan reaksi kebalikan dari sel volta/galvani yang potensial selnya negatif. Dalam elektrolisis, elektroda berperan sebagai tempat berlangsungnya reaksi. Reaksi reduksi berlangsung di katoda, sedangkan reaksi oksidasi berlangsung di anoda. Kutub negatif sumber arus mengarah pada katoda (memerlukan elektron) dan kutub positif sumber arus mengarah pada anoda. Akibatnya, katoda bermuatan negatif dan menarik ion positif yang akan tereduksi menjadi endapan logam. Sebaliknya, anoda bermuatan positif akan menarik ion negatif yang akan teroksidasi (Harahap, 2016).



Gambar 3. Skema Proses Elektrolisis

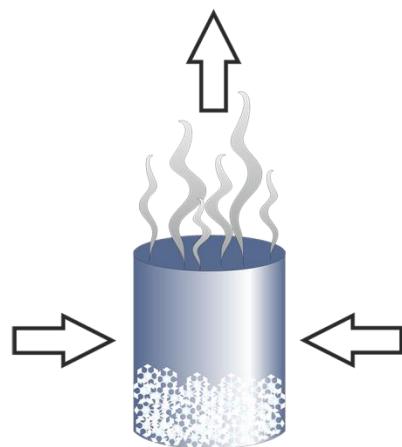
Proses elektrolisis pada batang perak AgBr akan menguraikan atom batang perak menjadi ion perak. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi yang menghasilkan ion Ag^+ . Pada katoda akan terjadi penggumpalan partikel perak yang disebabkan

oleh deposisi ion Ag^+ menuju katoda. Beberapa hal yang mempengaruhi ukuran partikel dalam metode elektrolisis antara lain jarak antar elektroda, tegangan elektrolisis, lama waktu pembuatan, dan tinggi elektroda tercelup (Iravani et al, 2013). Berikut adalah reaksi yang terjadi pada saat elektrolisis batang perak AgBr:



Dalam proses elektrolisis, akuades dipilih sebagai pelarut, hal ini dikarenakan sifat air yang mudah menghantarkan listrik. Menurut Brady, 2008 ketika suatu zat terlarut dalam air, maka ion-ion yang tadinya terikat kuat dalam zat padatnya akan lepas dan melayang bebas dalam larutan.

E. Evaporasi



Gambar 4. Evaporasi (Sumber : www.pngdownload.id)

Evaporasi merupakan proses yang bertujuan untuk memekatkan suatu larutan dengan cara menguapkan bahan pelarut dalam larutan. Evaporasi dilakukan dengan cara menguapkan sebagian pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat dengan konsentrasi yang lebih tinggi (MC. Cab, dkk., 1993).

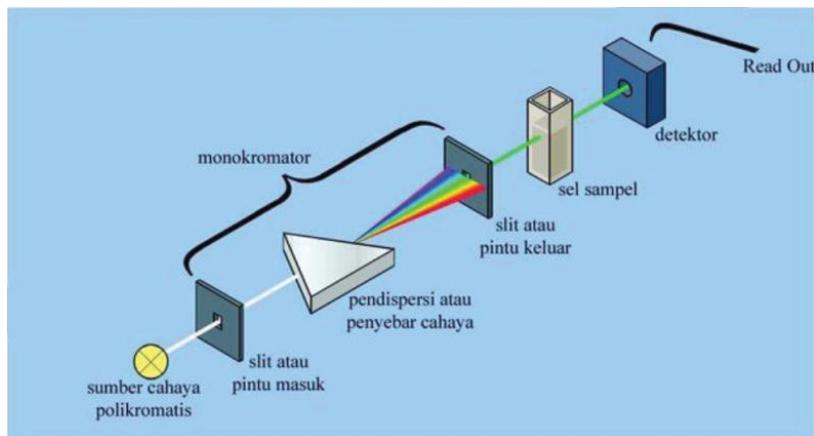
Beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan evaporasi/penguapan adalah sebagai berikut:

1. Luas permukaan zat cair. Proses penguapan zat cair tidak bisa berlangsung secara bersamaan. Molekul zat cair akan menguap dimulai dari molekul yang dekat dengan permukaan. Oleh karena itu, dengan memperluas permukaan zat cair maka proses penguapan akan semakin cepat.
2. Pergerakan udara disekitar zat cair (angin). Adanya pergerakan udara disekitar akan membantu molekul meninggalkan permukaan.
3. Tekanan zat cair. Pengurangan tekanan pada zat cair akan membuat jarak antar molekul semakin renggang yang kemudian mengakibatkan molekul berpindah ke udara di atasnya sehingga akan membantu proses penguapan.
4. Suhu/pemanasan. Pemberian energi panas dapat membantu mempercepat proses terlepasnya molekul dari zat cair sehingga akan membantu mempercepat penguapan.

F. Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis ini bertujuan untuk mengetahui kandungan partikel yang terdapat dalam larutan. Kandungan partikel ini dapat diketahui dengan adanya puncak absorbansi dari partikel yang bersangkutan. Spektrofotometer adalah alat yang terdiri dari spektrofotometer dengan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Kelebihan spektrofotometer dibandingkan fotometer adalah panjang gelombang dari sinar putih lebih terseleksi, diperoleh dengan alat pengurai seperti prisma, grating atau celah optis. Spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum tampak yang kontinu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk

larutan sampel atau blangko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blangko ataupun perbandingan (Susila K.).



Gambar 5. Skema alat Spektrofotometer UV-Vis (Suharti, T., 2017)

Pengujian Spektrofotometer UV-Vis pada sampel larutan logam didasarkan pada spektrum warna yang diserap oleh sampel. Dalam spektrum cahaya terdapat warna asli dan warna komplementer. Warna asli merupakan warna yang diserap oleh benda dan warna komplementer adalah warna yang dipancarkan oleh benda (sinar tampak). Faktor inilah yang menjadi salah satu metode spektroskopi sinar tampak, dimana sampel yang diuji harus tembus cahaya dan berwarna. Spektrum warna yang diserap merupakan salah satu karakteristik yang dimiliki sampel (Day and Underwood diterjemahkan oleh Iis Sopyan, 1999).

Prinsip kerja spektrofotometri adalah cahaya yang berasal dari lampu deuterium maupun wolfram yang bersifat polikromatis diteruskan melalui lensa menuju monokromator pada spektrofotometer dan filter cahaya pada fotometer. Monokromator kemudian akan mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis. Berkas cahaya dengan panjang gelombang tertentu akan dilewatkan pada sampel yang mengandung suatu zat dalam konsentrasi tertentu.

Oleh karena itu, terdapat cahaya yang diserap dan ada yang dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan ini kemudian akan diterima detektor. Dari detektor inilah kita dapat mengetahui cahaya yang diserap oleh sampel. Cahaya yang diserap akan sebanding dengan konsentrasi (Triyati, 1985).

G. AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

AAS adalah metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog et.al., 2000). Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari hukum Lambert Beer. Persamaan hukum Lambert Beer adalah sebagai berikut:

$$A = -\log \frac{I_t}{I_o} = \varepsilon b c \quad (2)$$

Dengan A = absorbansi

It = Intensitas sinar yang diteruskan

Io = Intensitas sumber sinar

ε = absorptivitas molar

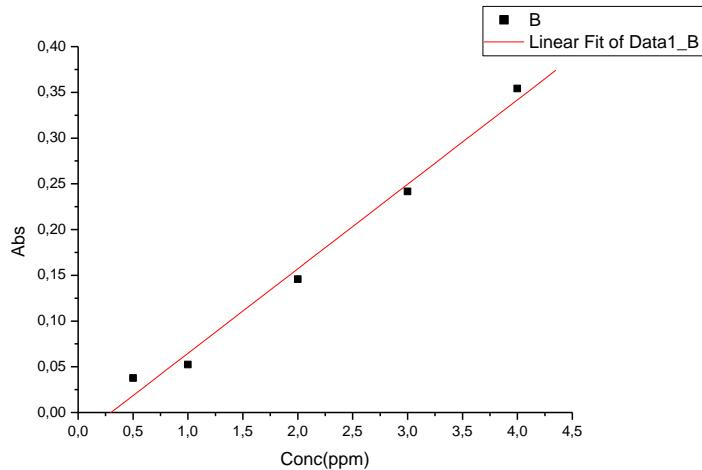
b = panjang medium sampel

c = konsentrasi atom yang menyerap sinar

dari persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day & Underwood, 2002). Dengan demikian, analisis kurva kalibrasi hubungan antara konsentrasi terhadap

absorbansi larutan standar akan diperoleh garis lurus (pada konsentrasi tertentu).

Berikut adalah contoh kurva kalibrasi hubungan antara konsentrasi terhadap absorbansi.



Gambar 6. Contoh kurva kalibrasi hubungan antara konsentrasi terhadap absorbansi

Kurva kalibrasi diatas memiliki persamaan garis lurus sebagai berikut:

$$Y = a + bX \quad (3)$$

Y = absorbansi unsur dalam larutan (ppm)

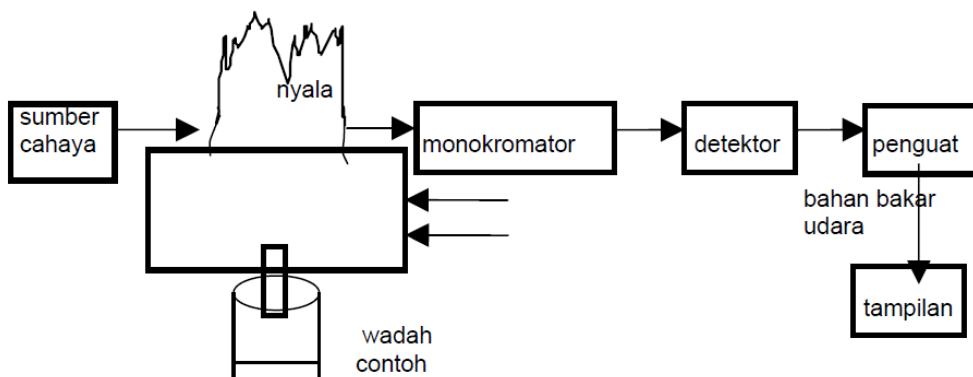
X = absorbansi hasil pengukuran (ppm)

a = slope

b = gradien

Dengan memasukkan hasil pengukuran absorbansi kedalam persamaan regresi linear untuk masing-masing unsur, maka konsentrasi unsur dalam larutan dapat ditentukan.

Skema alat AAS secara umum ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema komponen alat AAS (Haswel, 1991)

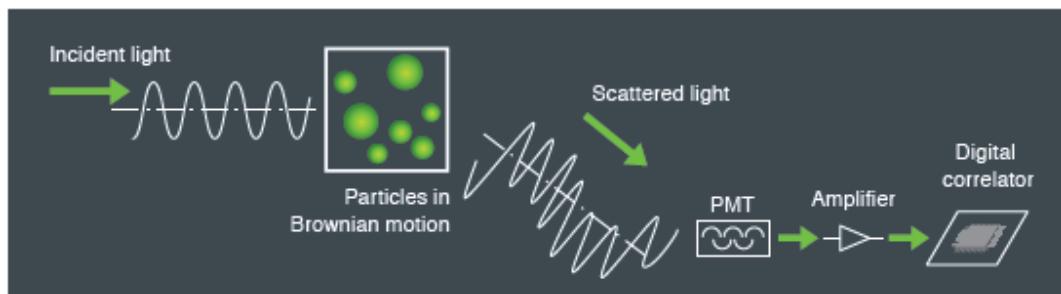
Prinsip kerja AAS ini mirip dengan prinsip kerja Spektrofotometer UV-Vis yaitu didasarkan pada jumlah absorbansi partikel. Namun dalam AAS ini terdapat proses yang sangat penting, yaitu proses atomisasi. Proses atomisasi ini bertujuan untuk memecah ikatan molekul dan mengubahnya menjadi atom bebas. Untuk menghasilkan atom bebas digunakan atomizer yang dapat berupa nyala api.

H. *PSA (Particle Size Analyzer)*

Particle size analyzer merupakan analisis suatu sampel yang bertujuan untuk mengetahui ukuran sampel dan distribusinya dari sampel representatif. Distribusi ukuran partikel dapat diketahui melalui gambar yang dihasilkan dan ukuran partikel yang berbentuk bola dinyatakan dalam jari-jari partikel. Penentuan ukuran partikel dan distribusinya dapat dilakukan dengan teknik DLS atau *Dynamic Light Scattering*. Teknik *Dynamic Light Scattering* ini merupakan teknik yang paling banyak digunakan dalam menentukan ukuran suatu partikel karena selain murah, persiapan sampel juga tergolong mudah dan tidak merusak sampel. Alat *Particle Size Analyzer* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Alat SZ 100 Horiba (Sumber : horiba.com)



Gambar 9. Teknik *Dynamic Light Scattering* (Sumber : horiba.com)

Teknik *Dynamic Light Scattering* didasarkan pada intensitas cahaya yang terhambur dari partikel dalam larutan sampel. Hamburan cahaya terjadi apabila suatu partikel ditembakkan oleh energi/cahaya yang melebihi energi dari partikel maka energi tersebut akan diserap oleh partikel untuk eksitasi dan sebagian lagi akan dihamburkan. Cahaya terhambur inilah yang menjadi sinyal yang akan dideteksi oleh dektektor. Cahaya terhambur mencerminkan adanya gerak Brown partikel dalam larutan yang kemudian dihubungkan dengan besar jari-jari partikel tersebut. Semakin besar ukuran partikel maka gerak Brown akan semakin lambat dan sebaliknya apabila ukuran partikel kecil maka gerak Brown maka gerak Brown akan semakin cepat. Oleh karena itu, cahaya yang dihamburkan oleh partikel dideteksi sebagai sinyal dengan fluktuasi yang sesuai dengan kecepatan

gerak Brown yang kemudian dianalisis menggunakan fungsi autokorelasi diri (Horiba, 2019).

Detektor dalam *Dynamic Light Scattering* akan mencatat intensitas setiap waktu yang dihamburkan partikel untuk interval waktu yang sangat kecil yang disebut waktu tunda (τ). Semakin besar ukuran partikel maka gerakannya akan semakin lama sehingga perpindahan partikel setelah waktu tunda tersebut kecil. Sebaliknya, apabila semakin kecil ukuran partikel maka gerakannya akan semakin cepat sehingga perpindahan partikel setelah waktu tunda adalah besar.

Fungsi autokorelasi diri ditunjukkan dengan persamaan:

$$g(\tau) = \exp(-\Gamma\tau) \quad (4)$$

Dengan Γ adalah konstanta peluruhan dan τ adalah waktu tunda. Secara matematis, hubungan antara Γ dengan koefisien difusi D translasi adalah sebagai berikut:

$$\Gamma = k^2 D \quad (5)$$

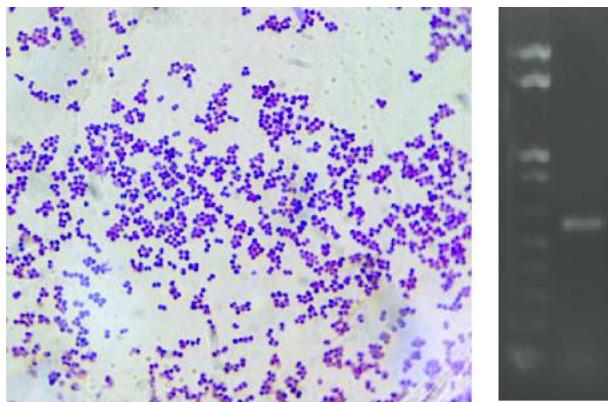
$$k = \frac{4\pi n s \sin^2 \theta}{\lambda} \quad (6)$$

$$D = \frac{k_B T}{6\pi\eta R} \quad (7)$$

Dengan k adalah vektor hamburan, D adalah konstanta difusi, η adalah fiskositas larutan, R adalah jari-jari partikel, K_B adalah konstanta boltzman, dan T adalah suhu mutlak. K_B , T , η , n , π , dan θ adalah tetapan. Sehingga dengan memasukkan konstanta, jari-jari/diameter partikel dapat diketahui.

Hasil uji PSA dengan menggunakan teknik *Dynamic Light Scattering* ditunjukkan dengan distribusi hubungan antara frekuensi dengan diameter partikel yang dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi partikel.

I. *Staphylococcus epidermidis*



Gambar 10. *Staphylococcus epidermidis* (Sumber: researchgate.net)

Staphylococcus epidermidis merupakan bakteri yang bersifat oportunistik (menyerang individu dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah). Bakteri ini merupakan salah satu patogen utama penyebab infeksi nosokomial, khususnya yang berkaitan dengan benda asing. Organisme ini menghasilkan glicolax lendir yang bertindak sebagai perekat dan menyebabkan resistensi terhadap fagositosis dan beberapa jenis antibiotik. *Staphylococcus epidermidis* memberikan kontribusi sekitar 65-90% dari semua jenis *staphylococcus* yang ditemukan dari flora aerobik manusia (Jawetz et al, 2005).

Staphylococcus epidermidis tumbuh dengan baik pada berbagai media bakteriologi dibawah suasana aerobik atau mikroaerofilik. Tumbuh dengan cepat pada temperatur 37°C. Koloni *Staphylococcus epidermidis* biasanya berwarna abu-abu hingga putih terutama pada isolasi primer; beberapa koloni menghasilkan pigmen hanya pada inkubasi diperpanjang (Jawetz et al, 2005).

Klasifikasi bakteri *Staphylococcus epidermidis* sebagai berikut:

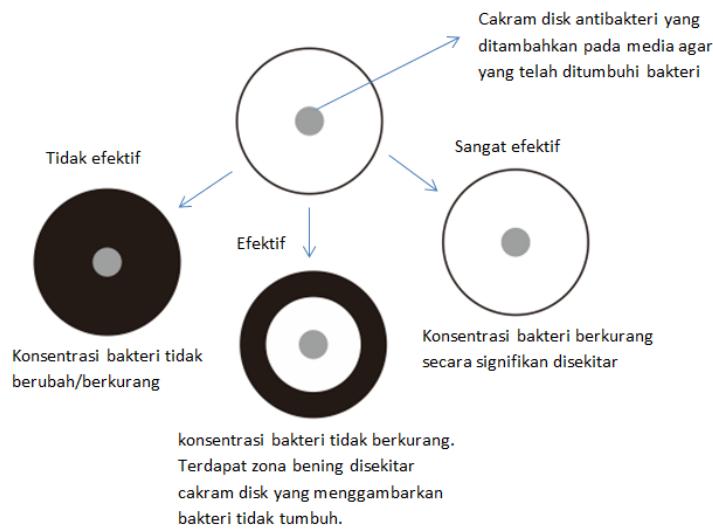
Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Firmicutes
Class	: Bacili
Ordo	: Bacillales
Family	: <i>Staphylococcaciae</i>
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus epidermidis</i> (Salle, 1961)

Menurut Medigan *et al*, 2012 dinding sel bakteri gram positif lebih tebal dibandingkan bakteri gram negatif dengan mengandung 90% lapisan peptidoglikan. Bakteri gram positif memiliki asam teikoat (*teichioc acid*) yang tersusun dari gliserol fosfat yang bermuatan negatif. Karena muatan negatif inilah asam teikoat bertanggungjawab atas ikatan kovalen dipermukaan sel. Asam teikoat juga berfungsi untuk mengikat kation (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) untuk transportasi ke dalam sel.

J. Metode *Disk Diffution*

Metode *Disk Diffution* ini pertama kali dikenalkan oleh Kirby Bauer. Metode ini merupakan cara yang paling sering digunakan untuk menentukan kepekaan bakteri/jamur terhadap berbagai macam obat-obatan. Pada metode ini digunakan suatu cakram kertas saring yang berfungsi sebagai temat penampung zat antimikroba. Kemudian kertas saring tersebut diletakkan pada lempeng agar yang telah diinokulasi mikroba uji lalu diinkubasi pada waktu dan suhu tertentu. Pada umumnya, hasil dapat diamati setelah inkubasi selama 18-24 jam dengan suhu

37 derajat celcius. Hasil pengamatan yang diperoleh berupa ada atau tidaknya daerah bening yang terbentuk disekeliling kertas cakram yang menunjukkan zona hambat pada pertumbuhan bakteri (Prayoga, 2013).



Gambar 11. Metode disk diffution

Metode *disk diffution* ini dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia, selain faktor antara obat dan organisme (misalnya sifat medium dan kemampuan difusi, ukuran molekular dan stabilitas obat. Meskipun demikian, standarisasi faktor-faktor tersebut memungkinkan melakukan uji kepekaan dengan baik (Jawetz et al., 2005).

Kelebihan dari metode *disk diffution* antara lain mudah dilakukan, tidak memerlukan perlatan khusus, dan relatif murah. Sedangkan kelemahannya adalah ukuran zona bening yang terbentuk sangat bergantung pada kondisi inkubasi, inokulum, predifusi, dan preinkubasi, serta ketebalan medium.

K. Kerangka Berpikir

Jerawat merupakan salah satu gangguan kulit yang umum terjadi di Indonesia. Meskipun jerawat bukan suatu gangguan kulit yang fatal, namun

penyakit ini dapat menjadi infeksi parah karena adanya bakteri. Jerawat yang parah ini dapat berpengaruh pada keadaan psikis, fisik, dan estetika penderita. Salah satu bakteri penyebab infeksi jerawat adalah *Streptococcus epidermidis* yang merupakan bakteri paling banyak ditemukan pada kulit manusia. Perkembangan nanoteknologi dibidang kesehatan salah satunya adalah aplikasi nanopartikel berbahan dasar logam sebagai bahan antibakteri. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, nanomaterial perak telah berhasil untuk menghambat aktivitas antibakteri pada bakteri *Bacillus cereus* dan *Candida albicans*. Oleh karena itu, pada penelitian ini bahan perak dibuat menjadi larutan perak ionik dengan menggunakan metode elektrolisis, kemudian larutan perak ionik tersebut diujikan pada bakteri *Staphylococcus epidermidis* dengan variasi konsentrasi tertentu.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 8 Januari – 8 April 2019 di Laboratorium Material dan Koloid, Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta.

B. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan nanopartikel perak terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*.

C. Variabel Penelitian

1. Tahap Produksi

a. Variabel Bebas

- Lama waktu elektrolisis

b. Variabel Terikat

- Konsentrasi nanopartikel perak ionik

c. Variabel Kontrol

- Panjang dan diameter batang perak

- Jarak elektroda

- Volume larutan elektrolisis

2. Tahap Karakterisasi

a. Variabel Bebas

- Konsentrasi nanopartikel perak ionik

- Spektrum panjang gelombang sinar UV (200-800 nm)

b. Variabel Terikat

- Nilai panjang gelombang pada puncak absorbansi UV-Vis
- Konsentrasi kandungan nanopartikel perak dalam larutan
- Diameter ukuran nanopartikel

c. Variabel Kontrol

- Set alat TDS
- Set alat spektrofotometer UV-Vis
- Set alat *Atomic Absorbtion Spektroscopy*
- Set alat PSA

3. Tahap Aplikasi

a. Variabel Bebas

- Konsentrasi nanopartikel perak ionik

b. Variabel Terikat

- Diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*

c. Variabel Kontrol

- Isolat bakteri *Staphylococcus epidermidis*
- Diameter kertas cakram
- Lama waktu rendaman
- Suhu ruangan

D. Alat dan Bahan Penelitian

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dan pengolahan data:

1. Alat penelitian
 - a. Kabel jepit buaya (3 buah)
 - b. Multimeter digital (1 buah)
 - c. *Power supply* 25 volt (2 buah)
 - d. *Beaker glass* 500 mL (3 buah)
 - e. Gelas ukur 300 mL (1 buah)
 - f. Botol kaca 500 mL (1 buah)
 - g. Botol kaca gelap 300 mL (10 buah)
 - h. Botol sampel 15 mL (12 buah)
 - i. Heater
 - j. *Magnetic stirrer*
 - k. Pipet
 - l. TDS/EC meter
 - m. UV-Vis
 - n. PSA
 - o. Cawan petri 10 cm
 - p. Cawan petri 5 cm
 - q. Microwave
 - r. Autoclave
 - s. Pipet mikro

- t. Erlenmeyer
 - u. Botol jam
 - v. *Drygalsky*
2. Bahan Penelitian
- a. Bahan yang digunakan untuk sintesis nanopartikel perak
 - 1. Batang Perak AgBr
 - 2. Akuades
 - 3. Kertas saring
 - b. Bahan yang digunakan dalam pengujian aktivitas antibakteri
 - 1. Kultur murni jamur *Staphylococcus epidermidis* (1 buah)
 - 2. Akuades
 - 3. Kertas saring
 - 4. Alkohol
 - 5. Larutan nanopartikel dengan konsentrasi 2,8 ppm; 25,3 ppm; dan 34,3 ppm.
 - 6. *Natrium Broth*
 - 7. *Natrium Agar*
 - 8. Cloramfenicol

E. Tahapan Penelitian

1. Tahap Produksi

a. Elektrolisis Nanopartikel Perak Ionik



Gambar 1. Proses elektrolisis nanopartikel perak ionik

Pembuatan nanopartikel perak dilakukan menggunakan metode elektrolisis dengan kedua elektroda batang perak yang dicelupkan ke dalam 400 mL akuades dengan tegangan 19 volt selama 100 menit. Selama proses elektrolisis larutan digerakkan dengan menggunakan pipa yang dihubungkan dengan pompa dan disaring menggunakan kertas saring setiap sepuluh menit sekali sebelum diukur dengan menggunakan TDS dan EC meter. Untuk meningkatkan konsentrasi nanopartikel perak diuapkan hingga konsentrasi nanopartikel perak menjadi 50 ppm.

b. Pembuatan Variasi Konsentrasi

Nanopartikel perak ionik yang telah diuapkan, kemudian dilakukan variasi konsentrasi sebanyak 5 variasi dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Pembuatan variasi konsentrasi tersebut dibuat dengan melalukan pengenceran sesuai persamaan berikut :

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \quad (8)$$

Dengan

M_1 = konsentrasi awal

V_1 = volume awal

M_2 = konsentrasi akhir

V_2 = volume akhir

c. Pengukuran ppm dan Konduktivitas Listrik

Pengukuran ppm dan konduktivitas listrik ini dilakukan menggunakan alat *Total Dissolved Solid* atau TDS. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui bahwa nanopartikel perak bersifat ionik dan mengetahui nilai konduktivitas pada setiap konsentrasi nanopartikel perak. Pengukuran TDS ini dilakukan setiap 10 menit pada saat proses produksi.

2. Tahap Karakterisasi

a. Pengujian Spektrofotometri UV-Vis

Pengujian Spektrofotometri UV-Vis dilakukan pada nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 10 ppm, 30 ppm dan 40 ppm sebanyak 5 mL. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan dalam larutan yang ditunjukkan dengan puncak serapan atom dari nanopartikel perak ionik.

b. Pengujian SSA (Spektrofotometri Serapan Atom)

Pengujian spektrofotometri ini dilakukan pada masing-masing variasi konsentrasi larutan nanopartikel perak ionik guna mengetahui konsentrasi nanopartikel perak yang terkandung dalam larutan. Konsentrasi

nanopartikel perak ditunjukkan dengan angka rata-rata perhitungan berulang pada konsentrasi nanopartikel perak.

c. Pengujian PSA (*Particle Size Analyzer*)

Pengujian PSA ini dilakukan pada larutan naopartikel perak dengan konsentrasi 25,3 ppm.

3. Tahap Aplikasi

a. Sterilisasi Alat



Gambar 2. Alat dan media yang akan disterilisasi

Sterilisasi alat dilakukan dengan cara mencuci bersih semua peralatan, kemudian dikeringkan dan dibungkus dengan menggunakan kertas payung, lalu dipanaskan menggunakan *autoclave* selama 1 jam pada tekanan 1,5 atm pada suhu 121°C. Sterilisasi ini bertujuan untuk membersihkan peralatan yang akan digunakan agar tidak terkontaminasi dari mikroorganisme maupun zat lain.

b. Pembuatan Media Kultur



Gambar 3. Media *Nutrient Agar*

Media kultur pada penelitian ini ada 2 yaitu media cair dan media padat. Media cair terbuat dari bahan *Nutrient Broth* dan media padat terbuat dari bahan *Nutrient Agar*. Pembuatan media cair dilakukan dengan cara melarutkan 1,3 gram *Nutrient Broth* kedalam 100 mL aquades menggunakan *magnetic stirrer* hingga mendidih, kemudian disterilkan menggunakan *autoclave* selama 1 jam pada suhu 121⁰C. Pembuatan media kultur padat dilakukan dengan melarutkan 5,6 gram *Nutrient Agar* ke dalam 200 mL aquades menggunakan *magnetic stirrer* hingga mendidih dan larutan berubah menjadi bening, kemudian siterilkan menggunakan *autoclave* selama 1 jam pada suhu 121⁰C. Larutan *nutrient agar* yang sudah homogen kemudian dituang pada cawan petri dengan masing-masing cawan berisi 15 mL, lalu ditunggu hingga memadat.

c. Peremajaan Bakteri

Peremajaan bakteri dilakukan dengan mengambil 1 ose isolat bakteri *Staphylococcus epidermidis* kemudian dicampurkan kedalam media cair,

selanjutnya dimasukkan kedalam seeker dengan kecepatan 100-200 rpm selama 24 jam agar bakteri tumbuh homogen dalam media cair.

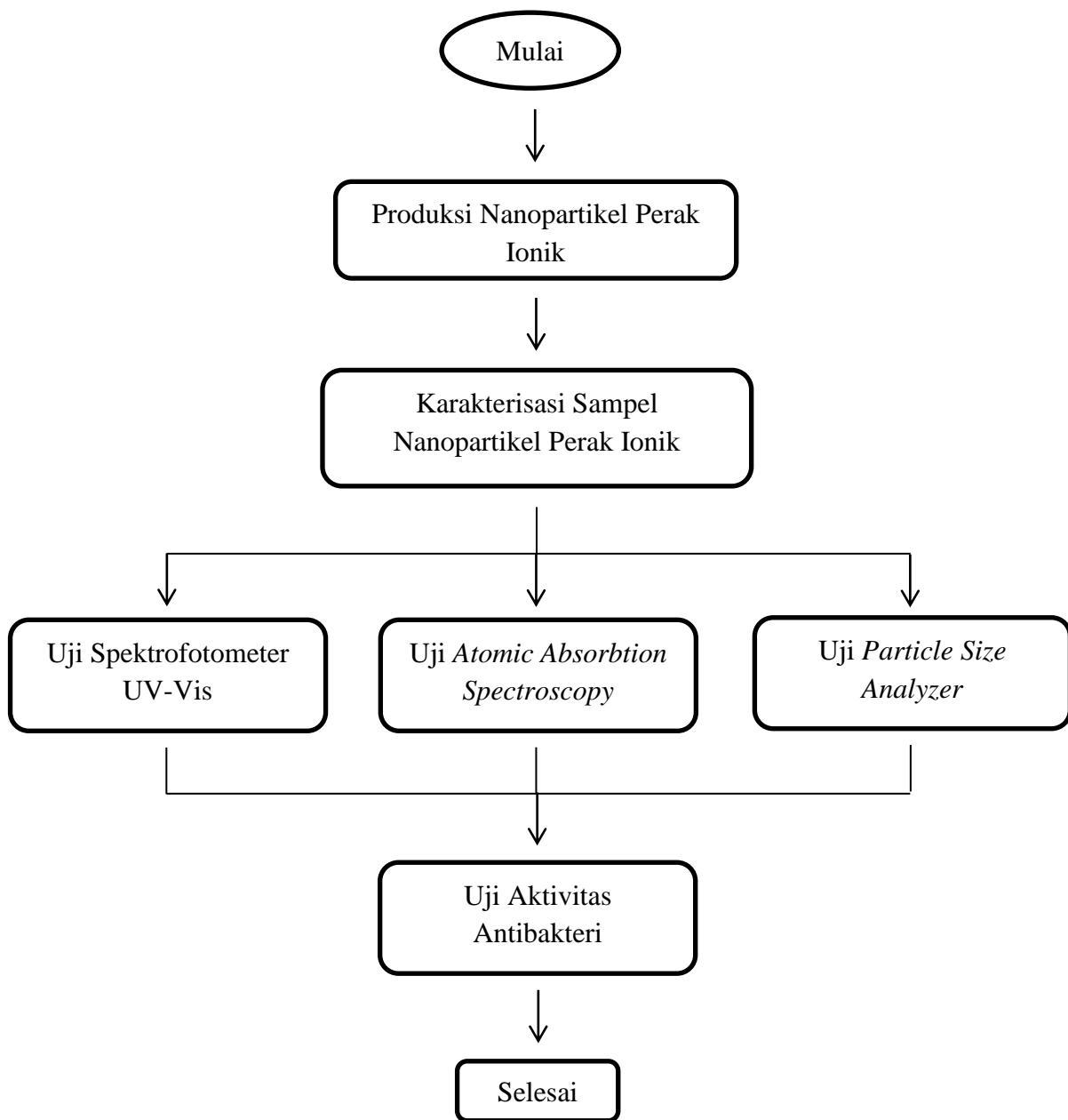
d. Penanaman Bakteri

Penanaman bakteri dilakukan dengan mengambil 0,1 mL bakteri *Staphylococcus epidermidis* yang sudah diremajakan dalam media cair dengan menggunakan tip pipett, kemudian dituang ke dalam cawan petri yang sudah berisi media pedat dan diratakan menggunakan *drygalsky*.

e. Pengujian Aktivitas Antibakteri

Pengujian ini dilakukan dengan cara merendam kertas cakram berdiameter 0,5 cm dalam larutan nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 2,8 ppm; 25,3 ppm; dan 34,3 ppm selama 10 menit, kemudian ditiriskan selama 3 menit. Kertas cakram kemudian dimasukkan kedalam cawan petri yang telah ditanami bakteri *Staphylococcus epidermidis*, kemudian cawan petri ditutup rapat menggunakan plastik warp, lalu dimasukkan ke dalam inkubator dengan suhu 37⁰C. Aktivitas antibakteri dapat dilihat dengan mengamati zona bening yang terbentuk disekitar kertas cakram. Pengamatan dilakukan dalam rentang waktu pengamatan 3 jam selama 72 jam.

F. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan produksi nanopartikel perak ionik menggunakan metode elektrolisis dengan menggunakan tegangan 19 volt selama 100 menit. Sampel nanopartikel perak kemudian diujikan pada antibakteri guna mengetahui aktivitas daya hambat nanopartikel terhadap bakteri *Staphylococcus epidermidis* menggunakan metode *disk diffusion*.

A. Tahap Produksi

1. Elektrolisis Nanopartikel Perak

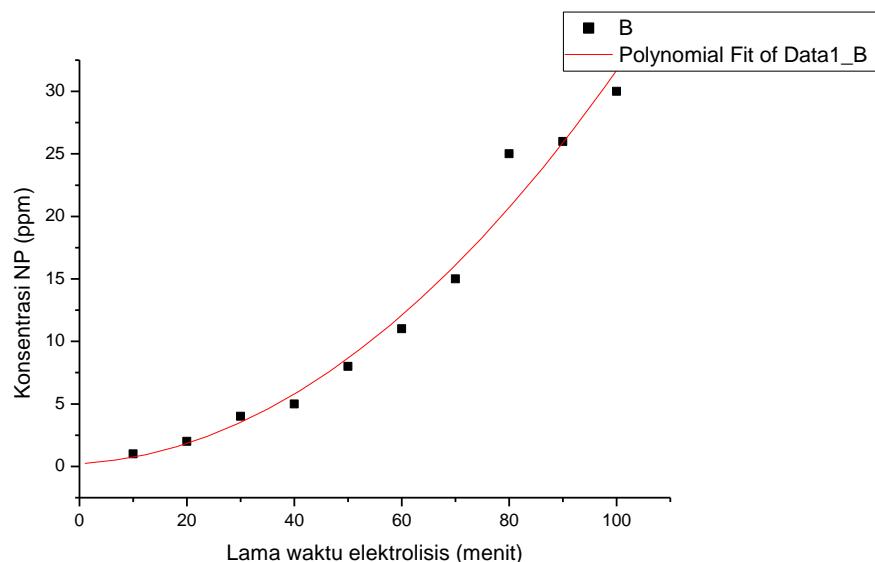
Pada proses produksi nanopartikel perak ionik diproduksi menggunakan metode elektrolisis dengan tegangan 19 volt selama 100 menit dalam 400 mL akuades. Jarak antar elektroda diatur 1 cm. Panjang elektroda 10 cm dan diameter elektroda 0,5 cm. Pengukuran konsentrasi dilakukan setiap sepuluh menit saat mengganti polaritas elektroda. Pengukuran dilakukan menggunakan TDS meter.

Berikut adalah data hasil produksi nanopartikel perak ionik:

Tabel 1. Data hasil elektrolisis

Lama elektrolisis (menit)	Konsentrasi nanopartikel perak (ppm)
10	1
20	2
30	4
40	5
50	8
60	11
70	15
80	25
90	26
100	30

Dari data di atas, kemudian dianalisis menggunakan grafik untuk mengetahui hubungan antara lama waktu elektrolisis dengan konsentrasi nanopartikel perak yang terbentuk. Gambar 16 adalah grafik hubungan antara konsentrasi dengan lama waktu elektrolisis nanopartikel perak ionik:



Gambar 1. Grafik hubungan antara konsentrasi nanopartikel terhadap lama waktu elektrolisis pada 19 V DC

Pada Gambar 16 menunjukkan grafik hubungan antara konsentrasi nanopartikel yang dihasilkan terhadap lama waktu elektrolisis pada tegangan 19 volt. Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa semakin lama waktu elektrolisis maka semakin besar konsentrasi nanopartikel yang dihasilkan.

Polynomial Regression For Data1_B:		
Parameter	Value	Error
A	0,21667	2,22157
B1	0,0228	0,09278
B2	0,00292	8,22016E-4
<hr/>		
R-Square(COD)	SD	N
0,97608	1,88885	10
<hr/>		
P		
<0.0001		

Gambar 2. Analisis polinomial hubungan antara lama waktu elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik

Berdasarkan Gambar 17, kenaikan nilai konsentrasi nanopartikel perak semakin besar seiring lamanya waktu elektrolisis mengikuti persamaan polinomial dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = A + B_1X + B_2X^2 \quad (9)$$

Dengan nilai $A = 0,217$;

$B_1 = 0,023$;

$B_2 = 0,003$; dan

$R = 0,976$.



Gambar 3. (a) akuades sebelum elektrolisis (b) akuades pada saat elektrolisis

Terbentuknya nanopartikel perak dapat diketahui dengan pengukuran konsentrasi menggunakan TDS meter. Hasil sintesis larutan nanopartikel perak dapat dilihat pada Gambar 18. Pada Gambar 18(a) merupakan keadaan awal akuades sebelum proses elektrolisis, sedangkan pada Gambar 18(b) merupakan keadaan saat elektrolisis. Setelah proses elektrolisis larutan akuades berubah warna dari bening menjadi kuning kecoklatan. Perubahan warna inilah yang menunjukkan adanya partikel yang terkandung dalam larutan (Oldenburg, 2011).

Selanjutnya untuk mendapatkan konsentrasi yang diinginkan, pada penelitian ini dilakukan dua teknik, yaitu penguapan dan pengenceran. Penguapan dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi dan pengenceran dilakukan untuk mengecilkan konsentrasi.



Gambar 4. Nanopartikel dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm.

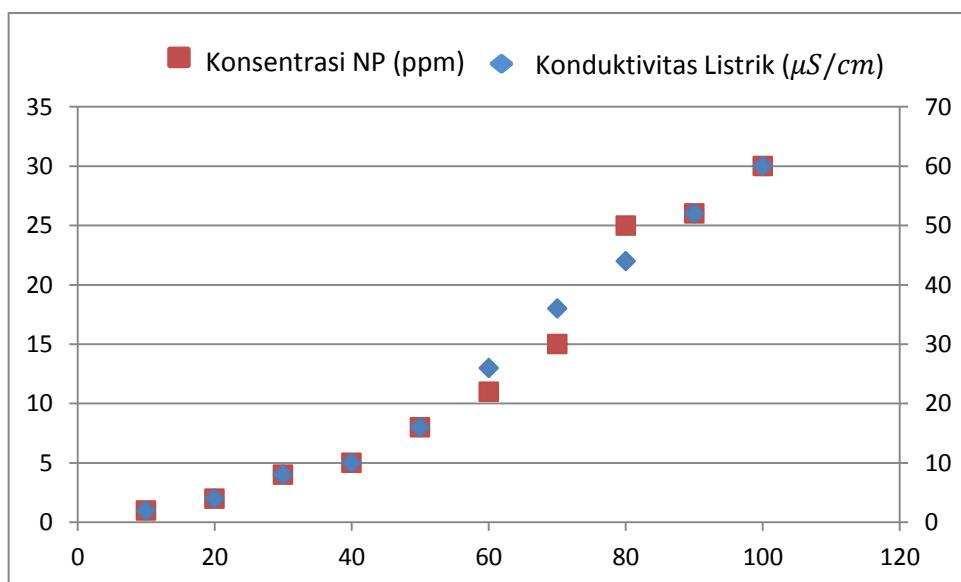
Larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 50 ppm dari hasil penguapan kemudian diencerkan dengan akuades sehingga didapatkan lima variasi konsentrasi yaitu 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan 50 ppm. Semakin tinggi konsentrasi nanopartikel perak maka warna larutan akan semakin kuning kemerahan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 19. Larutan nanopartikel dengan konsentrasi 10 ppm lebih bening dibandingkan dengan larutan nanopartikel yang lainnya dan larutan nanopartikel 50 ppm terlihat lebih merah dibandingkan dengan larutan nanopartikel yang lain.

2. Pengukuran *Electric Conductivity* (EC)

Pengukuran konduktivitas listrik diukur setiap sepuluh menit sekali selama proses produksi. Berikut adalah nilai konduktivitas listrik pada saat proses produksi:

Tabel 2. Data hasil pengukuran Konduktivitas Listrik

Lama waktu elektrolisis (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
10	1	2
20	2	4
30	4	8
40	5	10
50	8	16
60	11	26
70	15	36
80	25	44
90	26	52
100	30	60



Gambar 5. Grafik hubungan antara konsentrasi nanopartikel perak ionik dengan konduktivitas listrik

Pada Gambar 20 menunjukkan bahwa nilai konduktivitas listrik nanopartikel perak semakin besar seiring bertambahnya nilai konsentrasi larutan nanopartikel perak ionik yang terbentuk.

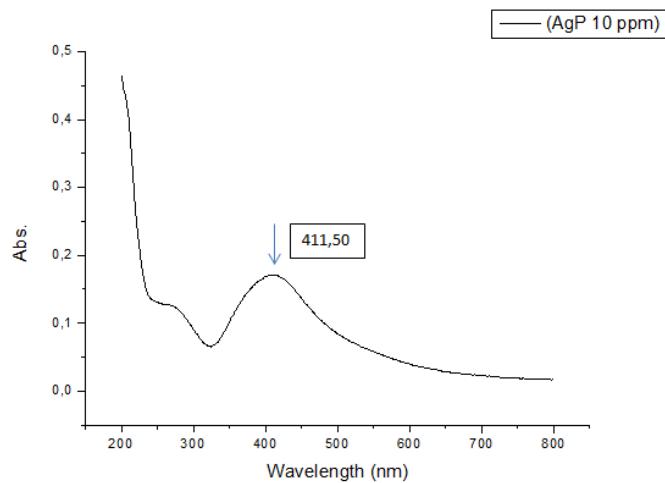
Dari Gambar 20 dapat diketahui bahwa larutan nanopartikel ionik memiliki konduktivitas listrik. Nilai konduktivitas listrik dari larutan sangat

dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi nanopartikel dalam larutan. Semakin besar konsentrasi nanopartikel perak maka semakin besar pula nilai konduktivitasnya. Adanya konduktivitas listrik ini menandakan bahwa larutan nanopartikel memiliki muatan, sehingga dapat dikatakan bahwa larutan tersebut memiliki sifat ionik. Sifat ionik inilah yang diharapkan untuk dapat meningkatkan kemampuan larutan sebagai bahan antibakteri.

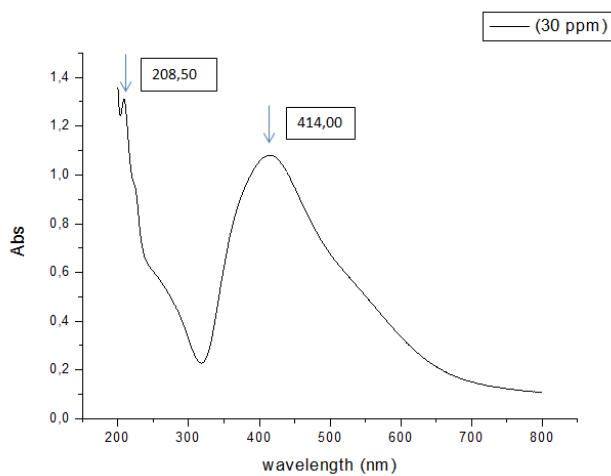
B. Tahap Karakterisasi

1. Hasil Pengujian Spektrofotometer UV-Vis

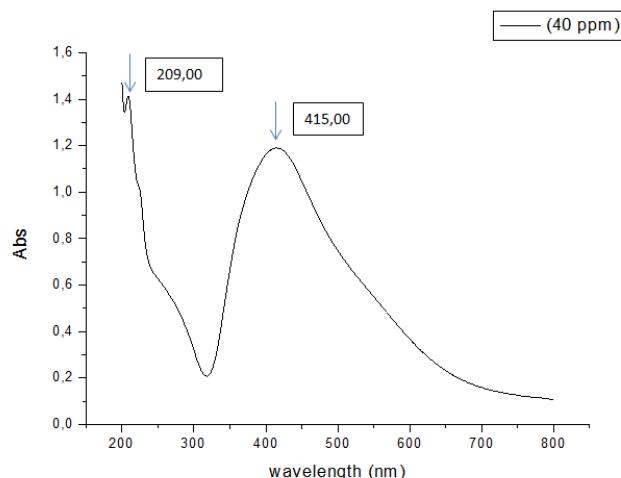
Pengujian spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui kandungan material yang terdapat dalam larutan. Hasil pengujian ini menunjukkan hubungan antara panjang gelombang dengan besarnya absorbansi larutan yang diujikan. Berikut adalah hasil uji spektrofotometer UV-Vis pada larutan nanopartikel perak ionik pada konsentrasi 10 ppm; 30 ppm; dan 40 ppm:



(a)



(b)



(c)

Gambar 21. Grafik hasil uji UV-Vis nanopartikel perak dengan konsentrasi (a) 10 ppm; (b) 30 ppm; dan (c) 40 ppm.

Gambar 21 menunjukkan hasil karakterisasi larutan nanopartikel perak ionik dengan variasi konsentrasi perak 10 ppm; 30 ppm; dan 40 ppm. Hasil uji spektrofotometri UV-Vis menunjukkan bahwa larutan nanopartikel perak ionik memiliki 2 puncak absorbansi, yaitu pada rentang 208,50-209,00 nm dan 414,00-415,00 nm. Namun pada sampel 10 ppm (Gambar 21(a)) hanya menunjukkan satu puncak absorbansi pada panjang gelombang 411,5 nm dengan puncak absorbansi 0,171. Pada Gambar 21(b) merupakan sampel nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 30 ppm menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang 208,5 nm dengan puncak absorbansi 1,311 dan 414,00 nm dengan puncak absorbansi 1,081. Pada Gambar 21(c) merupakan sampel nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 40 ppm menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang 209,00 nm dengan puncak absorbansi 1,413 dan 415,00 nm dengan puncak absorbansi 1,190.

Berdasarkan data hasil uji spektrofotometer UV-Vis ketiga konsentrasi larutan nanopartikel perak memiliki puncak serapan panjang gelombang yang termasuk dalam rentang panjang gelombang spektroskopi atom Ag, sehingga hal ini menunjukkan bahwa larutan tersebut mengandung atom perak (Solomon, 2007). Selain itu, terdapat pula puncak serapan dalam rentang 208,5-209, menurut Suharti, 2017 serapan tersebut masuk ke dalam rentan serapan atom bromin. Adanya dua puncak ini dikarenakan elektroda yang digunakan merupakan campuran antara perak dengan bromida (AgBr). Namun pada sampel 2,8 ppm tidak menunjukkan adanya puncak serapan

atom bromin, hal ini dimungkinkan karena atom bromin yang terkandung dalam larutan sangat sedikit, sehingga tidak terdeteksi.

2. Hasil Uji AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

Pengujian AAS bertujuan untuk mengetahui kandungan nanopartikel perak ionik dalam larutan sampel. Pengujian ini dilakukan pada semua variasi sampel nanopartikel perak.

Larutan nanopartikel perak ionik yang sebelumnya telah diketahui adanya kandungan nanoperak selanjutnya diujikan AAS untuk ditentukan konsentrasi nanopartikel perak ionik didalamnya.

Berikut adalah hasil uji AAS pada masing-masing sampel:

Tabel 3. Data Hasil Uji AAS

Sampel (ppm)	Konsentrasi (ppm)	Average (ppm)
10	2,761	2,8043
	2,8119	
	2,84	
30	25,078	25,262
	25,338	
	25,37	
40	33,768	34,299
	34,591	
	34,547	

Pengujian AAS dilakukan dengan pengulangan sebanyak tiga kali untuk masing-masing sampel sehingga nilai konsentrasi nanopartikel perak dapat diketahui dengan merata-ratakan ketiga hasil yang didapat. Sampel yang diujikan AAS sebelumnya sudah dikarakterisasi menggunakan TDS meter dengan hasil 10 ppm, 30 ppm, dan 40 ppm. Namun saat diujikan menggunakan AAS sampel memiliki kadar perak yang lebih rendah dari hasil

uji TDS, hal ini dikarenakan dalam larutan tersebut terdapat material lain yaitu bromin.

3. Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer*

Pengujian *Particle size analyzer* atau PSA ini bertujuan untuk mengetahui ukuran dari nanopartikel yang telah diproduksi dengan menggunakan metode uji *Dynamic Light Scattering*. Pengujian PSA ini dilakukan pada sampel dengan konsentrasi 25,3 ppm. berikut adalah data hasil pengujian *Particle size analyzer*:

Tabel 4. Data hasil pengukuran diameter nanopartikel perak ionik

Calculation Result				
Peak No	S.P. Area Ratio	Mean	S.D	Mode
1	1	61,3 nm	27,0 nm	47,5 nm
2	--	--nm	--nm	--nm
3	--	--nm	--nm	--nm
Total	1	61,3 nm	27,0 nm	47,5 nm
Cummulation Options				
Z-Average				56.0 nm
PI				0,390

Dari Tabel di atas dapat diketahui bahwa ukuran nanopartikel pada konsentrasi 25,3 ppm memiliki ukuran 56 nm, sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel tersebut tergolong sebagai nanopartikel. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa suatu bahan tergolong sebagai nanopartikel apabila memiliki ukuran antara 1-100 nm (Chaudhry *et al.*, 2008; Garcia *et al.*, 2010; Quintanilla-Carvajal *et al.*, 2010).

C. Tahap Aplikasi

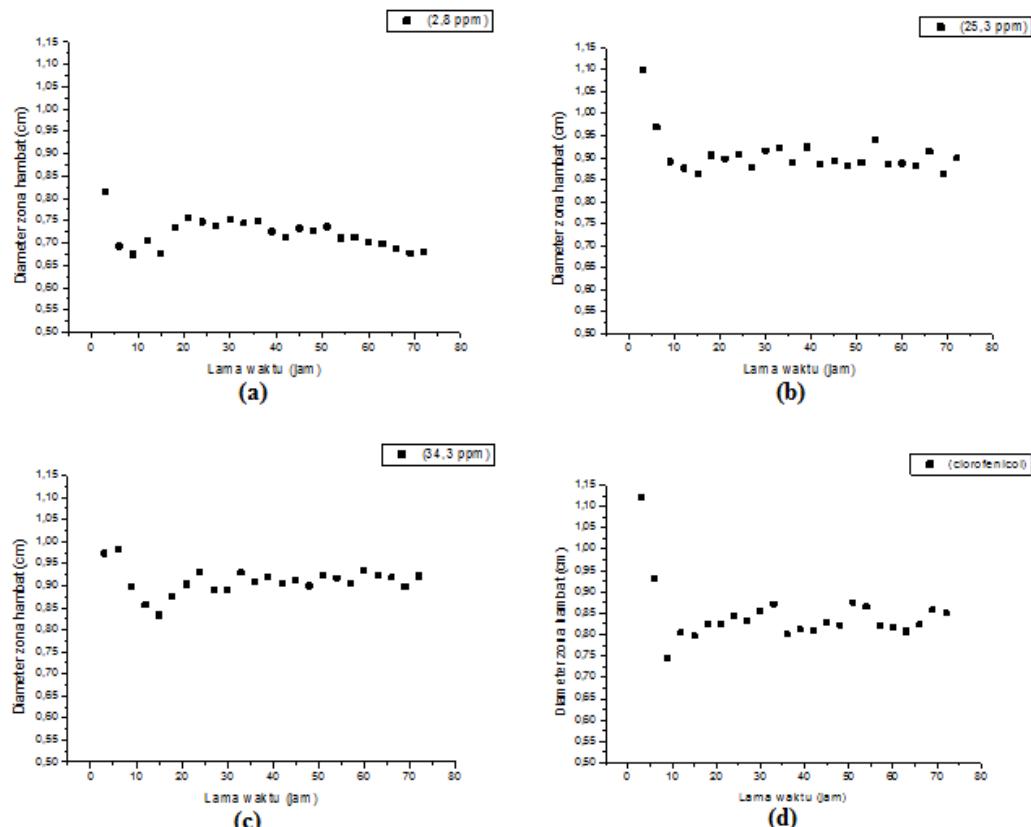
1. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri

Pengujian aktivitas antibakteri bertujuan untuk mengetahui kemampuan antibakteri dari nanopartikel perak ionik. Antibakteri ini diujikan pada bakteri *Staphylococcus epidermidis* dengan menggunakan metode *disk diffusion/Kirby Bauer*. Daya hambat antibakteri nanopartikel perak ionik dapat ditunjukkan dengan adanya zona bening yang terdapat di sekitar cakram disk yang telah dicelupkan ke dalam larutan nanopartikel perak ionik.

Konsentrasi nanopartikel perak ionik yang digunakan untuk diujikan pada bakteri *Staphylococcus epidermidis* adalah 2,8 ppm; 25,3 ppm; dan 34,3 ppm dengan tambahan kontrol positif dan kontrol negatif. Kontrol negatif yang digunakan adalah akuades dan kontrol positif yang digunakan adalah serbuk antibakteri cloramfenicol yang telah dilarutkan dalam akuades. Zona bening yang terbentuk akibat nanopartikel perak ionik yang menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*.

Bakteri *Staphylococcus epidermidis* merupakan bakteri gram positif, dimana dinding selnya lebih tebal dibandingkan dengan bakteri gram negatif. Dinding sel bakteri gram positif mengandung asam teikoat yang tersusun dari fosfat bermuatan negatif. Muatan negatif inilah yang kemudian akan berikatan dengan Ag^+ sehingga menghalangi Ca^{2+} dan Mg^{2+} untuk transportasi ke dalam sel dan mengganggu metabolisme bakteri (Medigan et al, 2012). Karena metabolisme yang terganggu inilah pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis* akan terhambat sehingga terbentuklah zona

bening disekitar cakram disk. Pengukuran zona bening dilakukan setiap 3 jam sekali selama 72 jam.



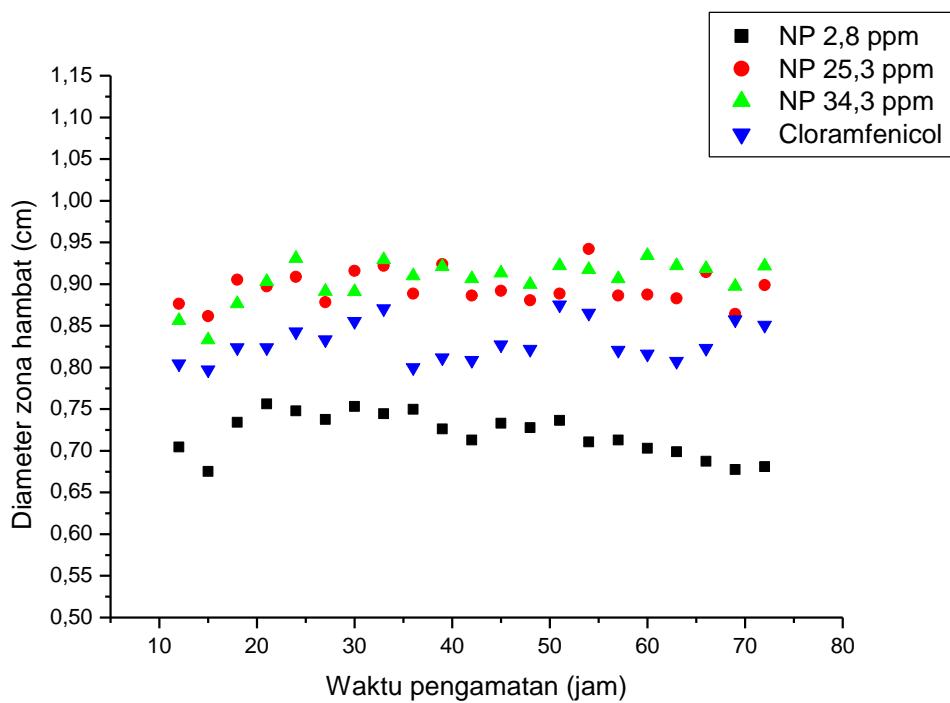
Gambar 22. Grafik diameter zona bening selama 72 jam (a) 2,8 ppm (b) 25,3 ppm (c) 34,3 ppm (d) cloramfenicol

Gambar 22 menunjukkan adanya zona hambat pada antibakteri nanopartikel perak ionik dan cloramfenicol. Namun pada kontrol negatif, yaitu akuades tidak menunjukkan zona hambat sehingga dapat diketahui bahwa akuades tidak memiliki sifat antibakteri.

Dari Gambar 22 dapat diketahui bahwa bakteri memiliki empat fase pertumbuhan. Fase pertama disebut fase Lag (lambat), dimana setelah inokulasi terjadi peningkatan ukuran sel, mulai pada waktu sel tidak atau

sedikit mengalami pembelahan. Fase ini ditandai dengan peningkatan komponen makromolekul, aktivitas metabolismik, dan rentan terhadap zat kimia. Fase inilah antibakteri dapat menghambat pertumbuhan bakteri secara optimum. Pada penelitian ini, fase Lag bakteri berlangsung pada 3 jam pertama. Pada grafik 22(a) menunjukkan adanya zona bening pada nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 2,8 ppm pada 3 jam pertama dengan diameter zona bening sebesar 0,82 cm. Pada grafik 22(b) menunjukkan adanya zona bening pada nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 25,3 ppm pada 3 jam pertama dengan diameter zona bening sebesar 1,09 cm. Pada grafik 22(c) menunjukkan adanya zona bening pada nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 34,3 ppm pada 3 jam pertama dengan diameter zona bening sebesar 0,97 cm. Pada grafik 22(d) menunjukkan adanya zona bening pada cloramfenicol pada 3 jam pertama dengan diameter zona bening sebesar 1,12 cm.

Fase kedua yaitu fase Log (cepat) dimana sel berada dalam keadaan pertumbuhan yang seimbang, masa dan volume sel meningkat oleh faktor yang sama dalam arti rata-rata komposisi sel dan konsentrasi relatif metabolit tetap konstan. Kecepatan pertumbuhan sel dalam periode ini ditentukan oleh sifat intrinsik bakteri. Sehingga pada fase ini terjadi penurunan efektivitas antibakteri. Fase Log ini berlangsung pada 3 jam kedua hingga 3 jam keempat.



Gambar 23. Diameter zona bening pada fase stasioner

Fase yang ketiga yaitu Fase Stasioner terjadi dimana saat digunakan kondisi biakan rutin, akumulasi produk limbah, kekurangan nutrien, perubahan pH, dan faktor lain yang tidak diketahui akan mendesak dan mengganggu pembiakan yang dapat mengakibatkan penurunan kecepatan pertumbuhan bakteri. Dalam fase ini, jumlah sel yang hidup tetap konstan untuk periode yang berbeda setiap bakteri. Dalam fase ini aktivitas antibakteri cenderung menunjukkan zona hambat yang konstan. Fase Stasioner ini berlangsung pada 3 jam kelima hingga 3 jam ke-72.

Dari Grafik 23 dapat diketahui perbandingan zona bening pada masing-masing antibakteri. Pada fase ini nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 2,8 ppm dapat pertumbuhan bakteri dengan diameter zona bening sebesar 0,72 cm. Nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 25,3 ppm dapat

menghambat pertumbuhan bakteri dengan diameter zona bening sebesar 0,89 cm. Nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 34,3 ppm dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan diameter zona bening sebesar 0,9 cm. Sedangkan antibakteri cloramfenicol dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan diameter zona bening sebesar 0,83 cm.

Dari perbandingan diameter zona bening keempat antibakteri dapat diketahui bahwa semakin besar konsentrasi nanopartikel perak ionik maka diameter zona beningnya akan semakin besar (semakin efektif). Selain itu, dari besar diameter zona bening ini dapat diketahui juga bahwa nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 25,3 ppm dan 34,3 ppm memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis* melebihi cloramfenicol.

Fase keempat yaitu Fase Kematian dimana pada saat medium kehabisan nutrien maka populasi bakteri akan menurun jumlahnya dan kemudian akan mati. Pada penelitian ini belum terlihat fase kematian bakteri selama 72 jam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin lama waktu dalam proses elektrolisis maka konsentrasi nanopartikel perak yang dihasilkan akan semakin besar. Kenaikan nilai konsentrasi nanopartikel perak semakin besar seiring bertambahnya lama waktu elektrolisis mengikuti persamaan polinominal $Y = A + B_1X + B_2X^2$. Dengan nilai $A = 0,217$; $B_1 = 0,023$; $B_2 = 0,003$; dan $R = 0,976$.
2. Semakin besar konsentrasi nanopartikel perak ionik maka nilai konduktivitasnya juga semakin besar. Berdasarkan uji spektrofotometer UV-Vis menunjukkan adanya kandungan perak dan bromin pada larutan. Berdasarkan Uji AAS sampel larutan mengandung nanopartikel perak sebesar 2,8 ppm; 25,3 ppm; dan 34,3 ppm. Berdasarkan uji *Particle Size Analyzer* larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 25,3 ppm memiliki ukuran diameter partikel 78 nm.
3. Semakin besar konsentrasi nanopartikel perak ionik maka semakin besar diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*.

B. Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan untuk peneliti selanjutnya adalah:

1. Nanopartikel perak ionik yang telah dihasilkan segera diujikan pada bakteri untuk menghindari agregasi yang dapat menyebabkan ukuran partikel larutan semakin besar.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk menstabilkan ukuran nanopartikel perak.
3. Rentang variasi konsentrasi nanopartikel perak ionik untuk pengujian antibakteri diperbanyak.
4. Uji antibakteri dapat dikembangkan untuk lebih banyak bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Yudistira V., Nirmin., dan Khairurrijal. (2008). Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi Vol. 1 No.2.*
- Ariningsih, Ening. (2016). Prospek Penerapan Teknologi Nano Dalam Pertanian dan Pengolahan Pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi Vol 34 No 1.*
- Bassett, J. 1994. *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik.* Jakarta: EGC
- Brady, J. E. (1999). *Kimia Universitas : Asas dan Struktur.* Jakarta : Binarupa Aksara.
- 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.*
- 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.
- Fessenden, R.J. and J.S. Fessenden. 1986. Kimia Organik Dasar Edisi Ketiga. Jilid 2. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- Fulton, J., 2009. Acne Vulgaris. eMedicine Articles. Available from : <https://emedicine.medscape.com/article/1069804-overview#a2> (Accesed : Mei 24. 2019)
- Harahap, M. R. (2016). Sel Elektrokimia : Karakteristik dan Aplikasi. *Circuit*, 177-179.
- Haryono, A., Sondari, D., Harmami, S.B., Randy, M. 2008. *Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya.* Jurnal Riset Industri.
- Horiba, Scientific. A guide book to Particle Size Analize. (Online). (https://www.horiba.com/fileadmin/uploads/Scientific/eMag/PSA/Guidebook/pdf/PSA_Guidebook.pdf). Diakses pada 5 April 2019.
- Jawetz, E., Melnick, J.L. & Adelberg, E.A. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran.* Diterjemahkan oleh Mudihardi, E., Kuntaman, Wasito, E. B., Mertaniasih, N. M., Harsono, S., Alimsardjono, L. Jakarta: Salemba Medika.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operation of Chemical Engineering.* USA: McGraw Hill Book.
- McGraw-Hill Education. 2002. *McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology (9th Ed) Vol. 16.* NewYork: McGraw-Hill Companies

- Medigan, M., Martinko, J., Stahl, D., & Clark, D. (2012). *Brock Biologi og Microorganism*. Canada: Pearson Education Inc.
- Meilina, Noer Erin. & Aliya Nur Hasanah. (2018). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Manggis Terhadap Bakteri Penyebab Jerawat. *Farmaka Suplemen Volume 16 Nomor 2*.
- Montazer, M., Hajimirzababa H, Rahimi MK, Alibakhshi S. 2012. *Durable Antibacterial Nylon Carpet Using Colloidal Nano Silver*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. Vol. 20.
- Oldenburg, S.J., 2011, Silver Nanoparticles: Properties and Applications, Sigma-Aldrich, St. Louis.
- Perez, E., Andrea, B., Ramon, M.M., Jose, M.B. (2012). Nanotechnology in the Development of Novel Functional Foods or their Package. An Overview Based in Patent Analysis.
- Prayoga, E. 2013. Perbandingan Efek Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle L.*) Dengan Metode Difusi Disk dan Sumuran Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. [Skripsi]. Jakarta : Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Shen, Y., et al. 2012. Prevalence of Acne Vulgaris in Chinese Adolescents and Adults: A Community-based Study of 17.345 Subjects in Six Cities. *Acta Derm Venereol*, 92: 40-44.
- S Iravani, H. K. (2013). Synthesis of Silver Nanoparticles : Chemical, Physical, and Biological Methods. *Research in Pharmaceutical Sciences* , 9(6): 385-406.
- Skoog, D. A., Holler, J. F., & Crouch, S. R. (2007). *Principle of Instrumental Analysis*. Mexico: Thomson.
- Solomon, S.D., 2007. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemistry Education*.
- Sondi, I. (2004). Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on *E. Coli* as model for Gram-negative bacteria. *Journal Colloid Interface Sci*.
- Suharti, T. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Lampung: Aura.
- Tatang Wahyudi, D. S. (2011). SIntesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya Terhadap Bakteri *E.coli* dan *S.Aureus*. *Arena Tekstil*.
- Triyati, E. (1985). *Spektrofotometer Ultra-Violet dan SInar Tampak Serta Aplikasinya dalam Oseanografi*. Jakarta: www.oseanografi.lipi.go.id.

Underwood, A. L., & Day, R. A. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta : Erlangga.

Widjaya. E. (2000) Rosasea dan akne vulgaris. Dalam: Harahap, M. Ilmu penyakit kulit. Jakarta: Hipokrates

Wiharti,. Riyanto., & Noor Fitri. (2010). Aplikasi Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Platina (Pt), Tembaga (Cu) DAN Karbon (C) Untuk Penurunan Kadar Cr Dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Di Desa Sitimulyo, Piyungan, Bantul, Yogyakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

DATA UJI SPEKTROFOTOMETER

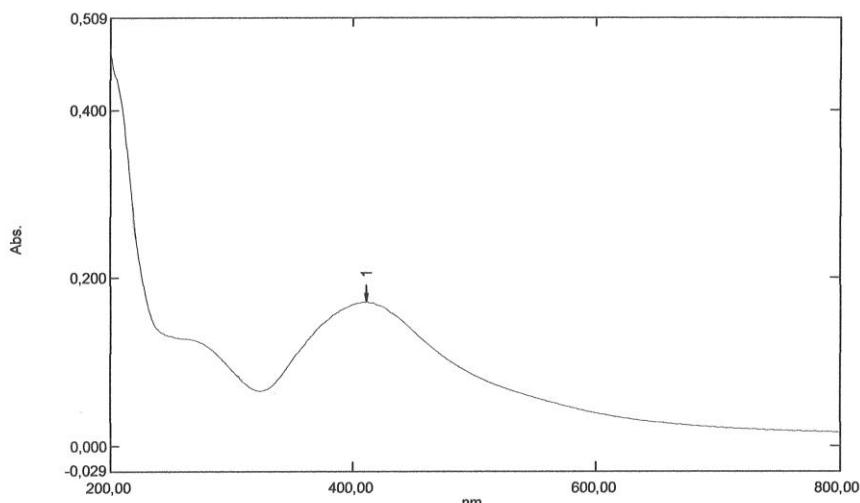
UV-VIS

Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Nanopartikel Perak Ionik 10 ppm

Spectrum Peak Pick Report

19/02/2019 11:15:56

Data Set: NP 10 ppm.spc - RawData



Measurement Properties

Wavelength Range (nm.): 200,00 to 800,00
Scan Speed: Fast
Sampling Interval: 0,5
Auto Sampling Interval: Enabled
Scan Mode: Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	④	411,50	0,171	

Instrument Properties

Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange:

Attachment Properties

Attachment: None

Sample Preparation Properties

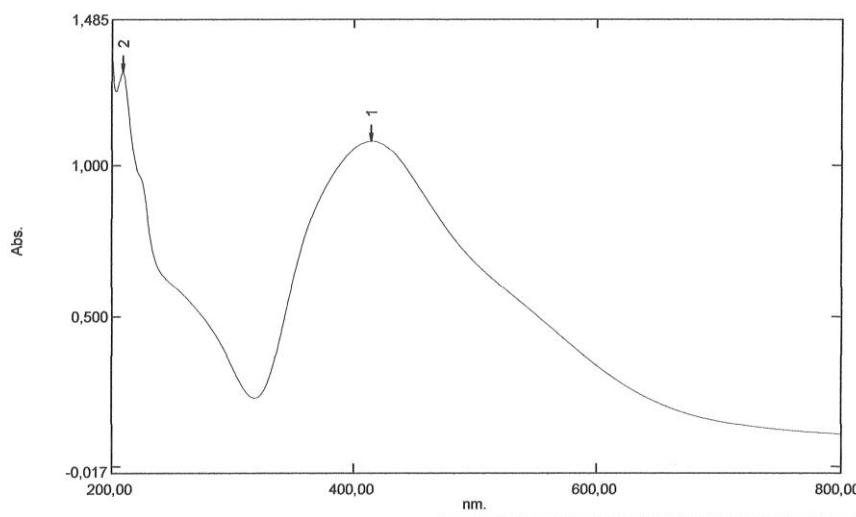
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Nanopartikel Perak Ionik 30 ppm

Spectrum Peak Pick Report

19/02/2019 11:11:40

Data Set: NP 30 ppm.spc - RawData



Measurement Properties

Wavelength Range (nm.): 200,00 to 800,00
Scan Speed: Fast
Sampling Interval: 0,5
Auto Sampling Interval: Enabled
Scan Mode: Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	②	414,00	1,081	
2	②	208,50	1,311	

Instrument Properties

Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange:

Attachment Properties

Attachment: None

Sample Preparation Properties

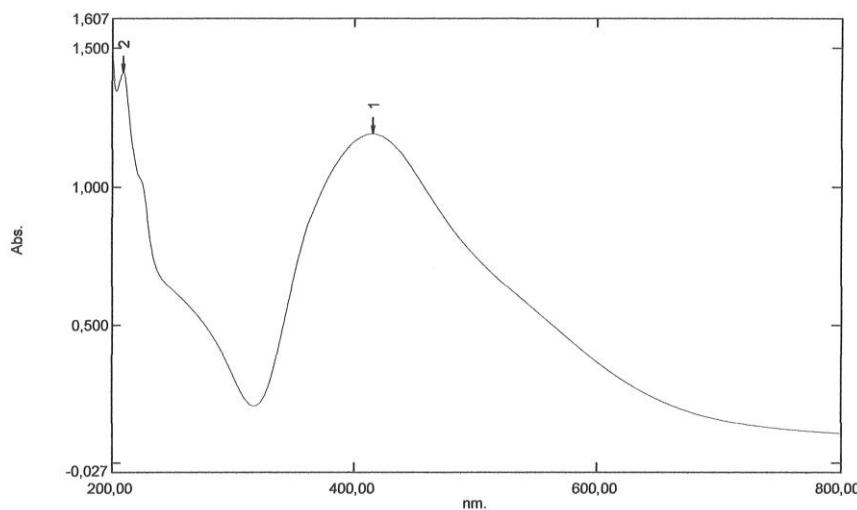
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Nanopartikel Perak Ionik 40 ppm

Spectrum Peak Pick Report

19/02/2019 11:09:32

Data Set: NP 40 ppm.spc - RawData



Measurement Properties

Wavelength Range (nm.): 200,00 to 800,00
Scan Speed: Fast
Sampling Interval: 0,5
Auto Sampling Interval: Enabled
Scan Mode: Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	415,00	1,190	
2	⊕	209,00	1,413	

Instrument Properties

Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange: Normal

Attachment Properties

Attachment: None

Sample Preparation Properties

Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

LAMPIRAN B

DATA UJI ATOMIC ABSORBTION SPECTROSCOPY

Hasil Uji Atomic Absorbtion Spectroscopy Nanopartikel Perak Ionik

Ag

Tuesday, 26 February 2019

Calibration Curve (C# : 01)

Abs	Conc (ppm)
0.000	0.5000
0.050	1.0000
0.100	2.0000
0.150	3.0000
0.200	4.0000

Abs=0.092401 Conc=0.027723
r=0.9939

Std 1 : STD

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
0.5000	0.7124	0.0381	-0.0009	3/01/2018	9:46:43 AM (+0700)

User Name Device Name
System Administrator AA

True Value **Conc.** **Abs.** **BG** **Date** **Time**
0.5000 0.7059 0.0375 -0.0012 3/01/2018 9:47:45 AM (+0700)

User Name Device Name
System Administrator AA

True Value **Conc.** **Abs.** **BG** **Date** **Time**
0.5000 0.7048 0.0374 -0.0011 3/01/2018 9:47:55 AM (+0700)

User Name Device Name
System Administrator AA

Std 1 : STD Average

True Value	Conc.	Abs.	BG	%RSD	C#
0.5000	0.7080	0.0377	-0.0011	1.01	01

Std 2 : STD

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
1.0000	0.8541	0.0512	-0.0013	3/01/2018	9:48:15 AM (+0700)

User Name Device Name
System Administrator AA

True Value **Conc.** **Abs.** **BG** **Date** **Time**
1.0000 0.8650 0.0522 -0.0016 3/01/2018 9:48:25 AM (+0700)

User Name Device Name
System Administrator AA

True Value **Conc.** **Abs.** **BG** **Date** **Time**
1.0000 0.8812 0.0537 -0.0011 3/01/2018 9:48:31 AM (+0700)

User Name Device Name
System Administrator AA

Std 2 : STD Average

True Value	Conc.	Abs.	BG	%RSD	C#
1.0000	0.8671	0.0524	-0.0013	2.40	01

C:\Users\Hp\Documents\Ag 26 Februari 2019 - Copy.aa
Page 1

Ag

Tuesday, 26 February 2019

Std 3 : STD

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
2.0000	1.8693	0.1450	-0.0012	3/01/2018	9:48:49 AM(+0700)

User Name	Device Name
System Administrator	AA

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
2.0000	1.8812	0.1461	-0.0011	3/01/2018	9:48:58 AM(+0700)

User Name	Device Name
System Administrator	AA

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
2.0000	1.8833	0.1463	-0.0010	3/01/2018	9:49:04 AM(+0700)

User Name	Device Name
System Administrator	AA

Std 3 : STD Average

True Value	Conc.	Abs.	BG	%RSD	C#
2.0000	1.8779	0.1458	-0.0011	0.48	01

Std 4 : STD

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
3.0000	2.9104	0.2412	-0.0006	3/01/2018	9:49:23 AM(+0700)

User Name	Device Name
System Administrator	AA

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
3.0000	2.9071	0.2409	-0.0004	3/01/2018	9:49:32 AM(+0700)

User Name	Device Name
System Administrator	AA

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
3.0000	2.9277	0.2428	-0.0006	3/01/2018	9:49:38 AM(+0700)

User Name	Device Name
System Administrator	AA

Std 4 : STD Average

True Value	Conc.	Abs.	BG	%RSD	C#
3.0000	2.9147	0.2416	-0.0005	0.42	01

Std 5 : STD

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
4.0000	4.1171	0.3527	-0.0004	3/01/2018	9:49:56 AM(+0700)

User Name	Device Name
System Administrator	AA

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
4.0000	4.1355	0.3544	-0.0005	3/01/2018	9:50:06 AM(+0700)

User Name	Device Name
System Administrator	AA

True Value	Conc.	Abs.	BG	Date	Time
4.0000	4.1430	0.3551	-0.0006	3/01/2018	9:50:11 AM(+0700)

User Name	Device Name
System Administrator	AA

Std 5 : STD Average					
True Value	Conc.	Abs.	BG	%RSD	C#
4.0000	4.1322	0.3541	-0.0005	0.35	01
10 ppm : UNK					
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time
2.7610	0.2274	0.0048	2.7610	26/02/2019	9:36:33 AM(+0700)
User Name	Device Name				
System Administrator	AA				
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time
2.8119	0.2321	0.0047	2.8119	26/02/2019	9:36:42 AM(+0700)
User Name	Device Name				
System Administrator	AA				
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time
2.8400	0.2347	0.0036	2.8400	26/02/2019	9:36:48 AM(+0700)
User Name	Device Name				
System Administrator	AA				
10 ppm : UNK Average					
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Actual Conc.	Unit %RSD C#
2.8043	0.2314	0.0044	2.8043	NONE	1.60 01
20 ppm fp 10x : UNK					
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time
1.3790	0.0997	0.0054	1.3790	26/02/2019	9:40:11 AM(+0700)
User Name	Device Name				
System Administrator	AA				
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time
1.3963	0.1013	0.0045	1.3963	26/02/2019	9:40:21 AM(+0700)
User Name	Device Name				
System Administrator	AA				
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time
1.4223	0.1037	0.0042	1.4223	26/02/2019	9:40:26 AM(+0700)
User Name	Device Name				
System Administrator	AA				
20 ppm fp 10x : UNK Average					
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Actual Conc.	Unit %RSD C#
1.3996	0.1016	0.0047	1.3996	NONE	1.98 01
30 ppm fp 10x : UNK					
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time
2.5078	0.2040	0.0023	2.5078	26/02/2019	9:40:44 AM(+0700)
User Name	Device Name				
System Administrator	AA				
Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time
2.5338	0.2064	0.0017	2.5338	26/02/2019	9:40:54 AM(+0700)
User Name	Device Name				
System Administrator	AA				

Ag							Tuesday, 26 February 2019	
	Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time		
	2.5370	0.2067	0.0013	2.5370	26/02/2019	9:40:59 AM(+0700)		
<u>User Name</u> <u>Device Name</u>								
System Administrator AA								
30 ppm fp 10x : UNK Average								
	Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Actual Conc.	Unit	%RSD	C#
	2.5262	0.2057	0.0018	2.5262	NONE		0.72	01
40 ppm fp 10x : UNK								
	Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time		
	3.3768	0.2843	0.0005	3.3768	26/02/2019	9:41:16 AM(+0700)		
<u>User Name</u> <u>Device Name</u>								
System Administrator AA								
	Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time		
	3.4591	0.2919	0.0002	3.4591	26/02/2019	9:41:26 AM(+0700)		
<u>User Name</u> <u>Device Name</u>								
System Administrator AA								
40 ppm fp 10x : UNK Average								
	Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Actual Conc.	Unit	%RSD	C#
	3.4299	0.2892	0.0001	3.4299	NONE		1.48	01
50 ppm fp 10x : UNK								
	Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time		
	5.1203	0.4454	-0.0009	5.1203	26/02/2019	9:41:49 AM(+0700)		
<u>User Name</u> <u>Device Name</u>								
System Administrator AA								
	Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time		
	5.1907	0.4519	-0.0007	5.1907	26/02/2019	9:41:58 AM(+0700)		
<u>User Name</u> <u>Device Name</u>								
System Administrator AA								
	Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Date	Time		
	5.2264	0.4552	-0.0013	5.2264	26/02/2019	9:42:04 AM(+0700)		
<u>User Name</u> <u>Device Name</u>								
System Administrator AA								
50 ppm fp 10x : UNK Average								
	Conc.	Abs.	BG	ActualConc.	Actual Conc.	Unit	%RSD	C#
	5.1787	0.4508	-0.0010	5.1787	NONE		1.11	01

LAMPIRAN C

**DATA UJI PARTICLE SIZE
ANALYZER**

Hasil Uji Partikel size Analyzer Nanopartikel Perak Ionik 30 ppm

HORIBA
Scientific

HORIBA SZ-100 for Windows [Z Type] Ver2.00

SZ-100

091.C.PSA.III.2019.nsz
Measurement Results

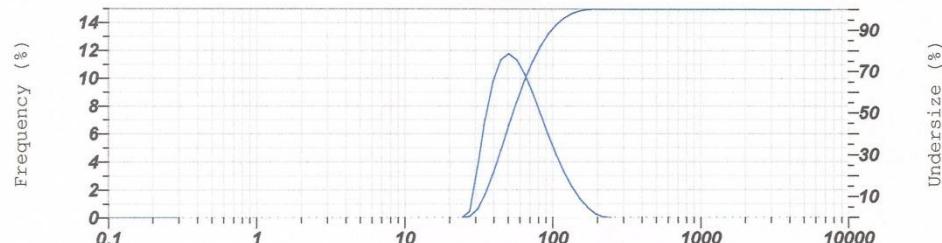
Date	:	Thursday, March 21, 2019 9:30:15 AM
Measurement Type	:	Particle Size
Sample Name	:	30 PPM
Scattering Angle	:	90
Temperature of the Holder	:	24.8 °C
Dispersion Medium Viscosity	:	0.898 mPa·s
Transmission Intensity before Meas.	:	21239
Distribution Form	:	Standard
Distribution Form(Dispersity)	:	Monodisperse
Representation of Result	:	Scattering Light Intensity
Count Rate	:	2035 kCPS

Calculation Results

Peak No.	S.P.Area Ratio	Mean	S. D.	Mode
1	1.00	61.3 nm	27.0 nm	47.5 nm
2	--	-- nm	-- nm	-- nm
3	--	-- nm	-- nm	-- nm
Total	1.00	61.3 nm	27.0 nm	47.5 nm

Cumulant Operations

Z-Average : 56.0 nm
PDI : 0.390



No.	Diameter	Frequency	Cumulation	No.	Diameter	Frequency	Cumulation	No.	Diameter	Frequency	Cumulation
1	0.34	0.000	0.000	22	4.40	0.000	0.000	43	57.09	11.316	55.126
2	0.38	0.000	0.000	23	4.97	0.000	0.000	44	64.50	10.289	65.425
3	0.43	0.000	0.000	24	5.81	0.000	0.000	45	72.87	8.955	74.377
4	0.49	0.000	0.000	25	6.94	0.000	0.000	46	80.33	7.524	81.784
5	0.62	0.000	0.000	26	7.17	0.000	0.000	47	93.02	5.914	87.699
6	0.62	0.000	0.000	27	8.10	0.000	0.000	48	105.10	4.506	82.204
7	0.70	0.000	0.000	28	9.15	0.000	0.000	49	118.74	3.280	85.484
8	0.80	0.000	0.000	29	10.34	0.000	0.000	50	134.16	2.207	97.870
9	0.90	0.000	0.000	30	11.68	0.000	0.000	51	151.57	1.356	99.026
10	1.02	0.000	0.000	31	13.20	0.000	0.000	52	171.25	0.705	99.731
11	1.15	0.000	0.000	32	14.91	0.000	0.000	53	193.48	0.254	99.985
12	1.30	0.000	0.000	33	16.84	0.000	0.000	54	218.00	0.015	100.000
13	1.47	0.000	0.000	34	19.00	0.000	0.000	55	247.86	0.000	100.000
14	1.65	0.000	0.000	35	21.60	0.000	0.000	56	279.04	0.000	100.000
15	1.87	0.000	0.000	36	24.29	0.000	0.000	57	315.27	0.000	100.000
16	2.11	0.000	0.000	37	27.45	0.436	58	356.20	0.000	100.000	
17	2.39	0.000	0.000	38	31.01	3.507	3.943	59	402.44	0.000	100.000
18	2.70	0.000	0.000	39	35.03	7.051	10.994	60	454.69	0.000	100.000
19	3.05	0.000	0.000	40	39.58	9.770	20.764	61	513.71	0.000	100.000
20	3.45	0.000	0.000	41	44.72	11.306	32.070	62	580.41	0.000	100.000
21	3.89	0.000	0.000	42	50.53	11.741	43.811	63	655.76	0.000	100.000

Explore the future

Automotive Test Systems | Process & Environmental | Medical | Semiconductor | Scientific

HORIBA

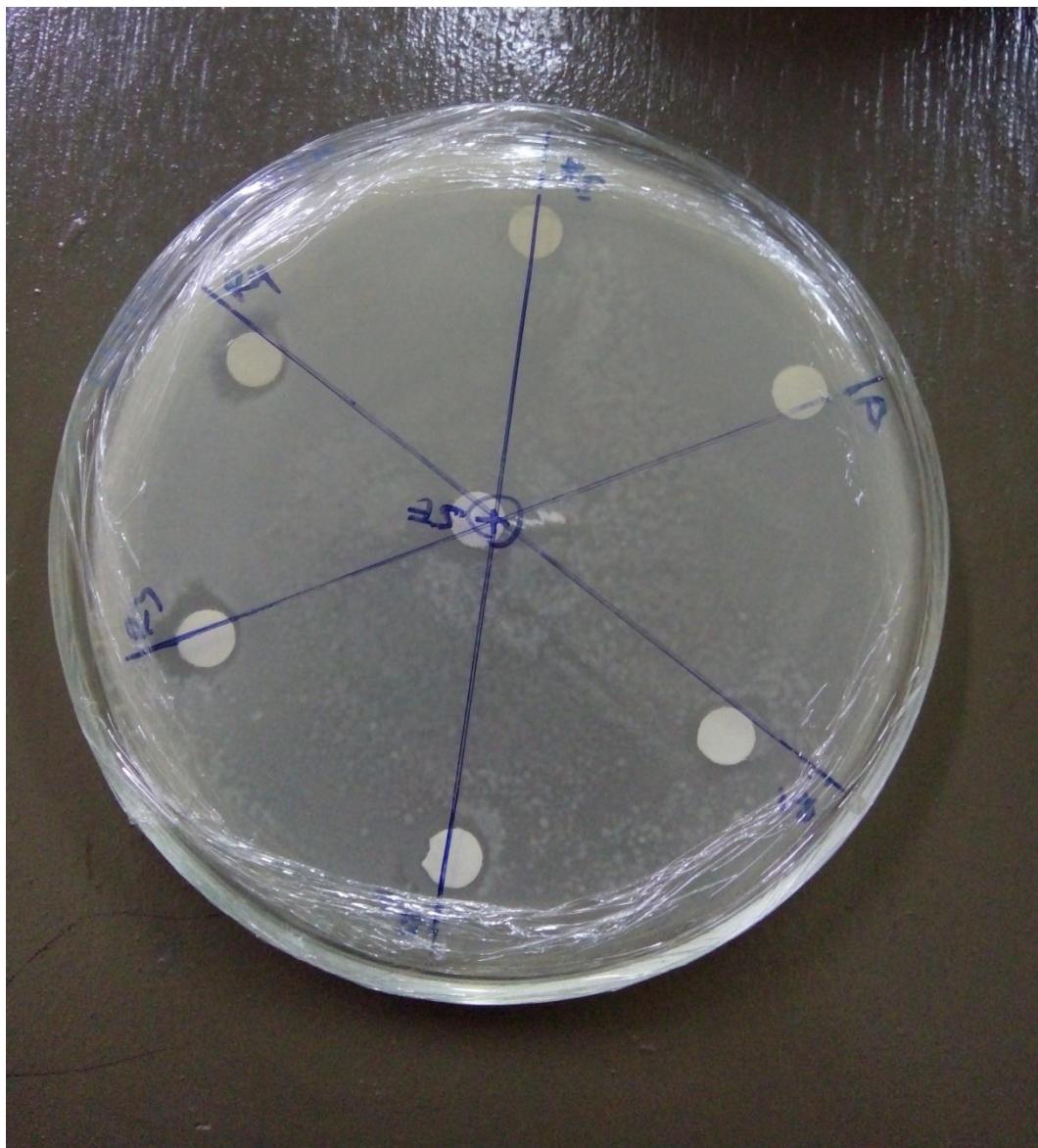
1 / 1

LAMPIRAN D

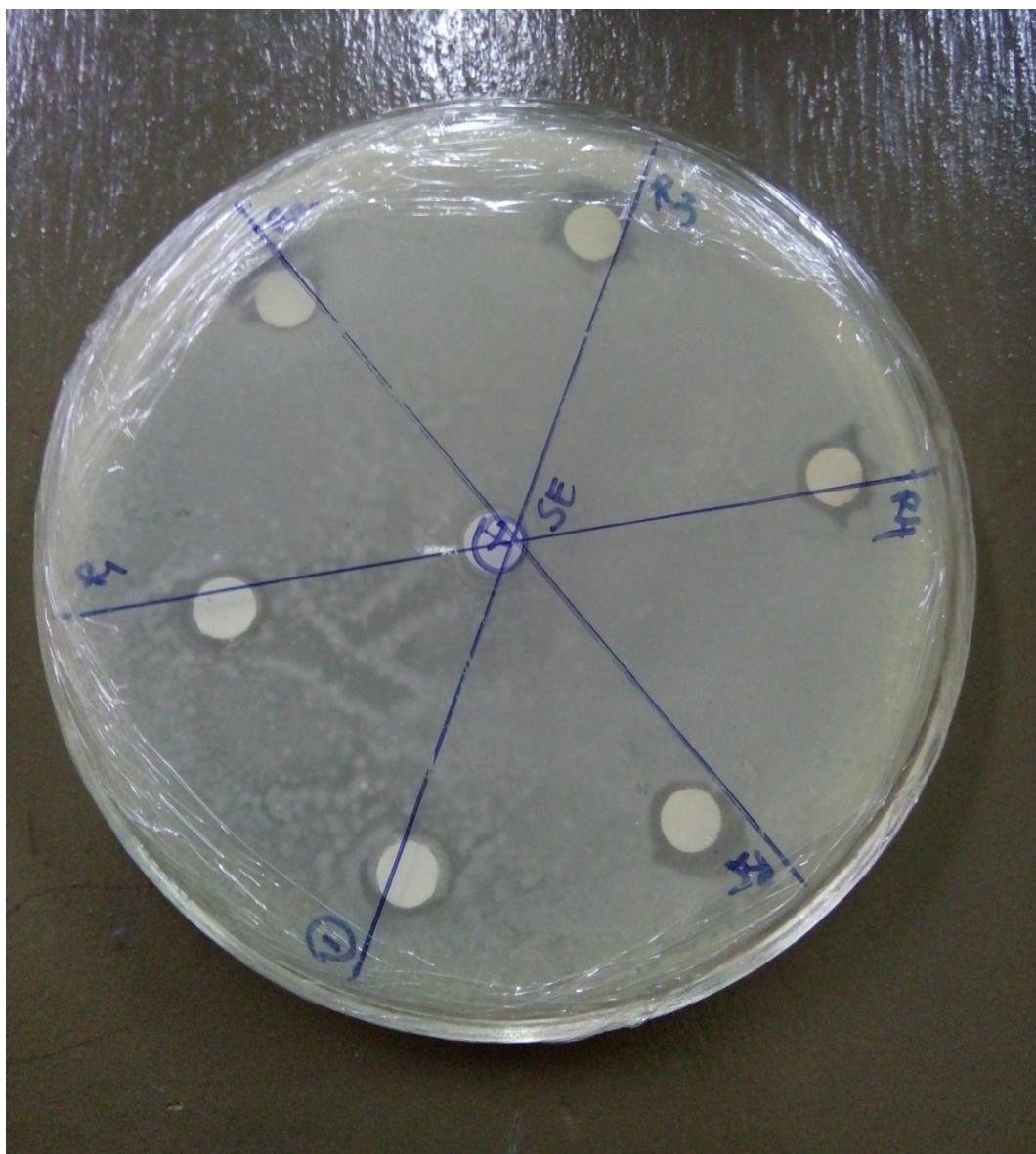
FOTO UJI AKTIVITAS

ANTIBAKTERI

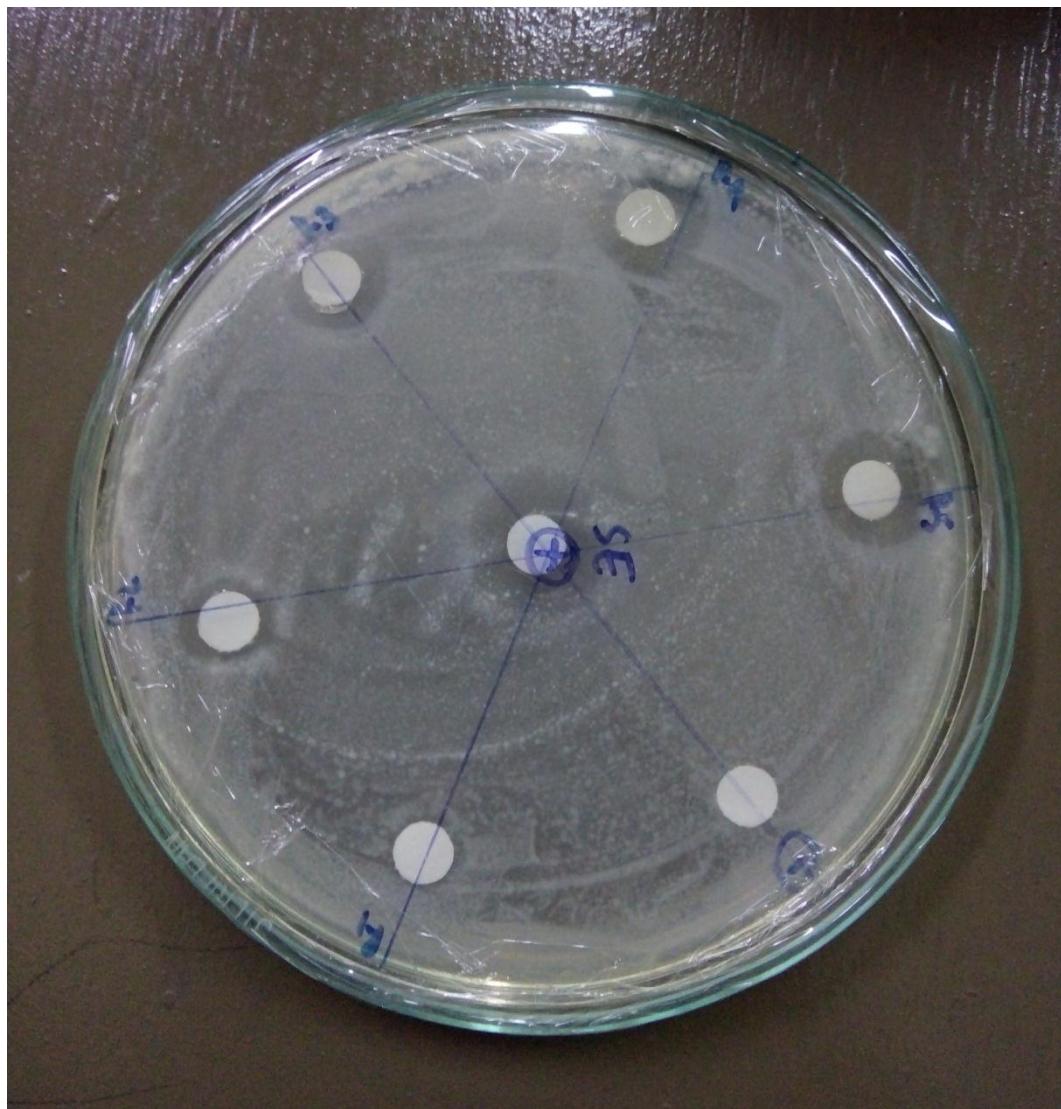
Hasil Uji Antibakteri Nanopartikel Perak Ionik Petri 1



Hasil Uji Antibakteri Nanopartikel Perak Ionik Petri 2



Hasil Uji Antibakteri Nanopartikel Perak Ionik Petri 3



LAMPIRAN E

DATA UJI AKTIVITAS

ANTIBAKTERI

Data Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak Ionik Petri 1

Petri 1				
Jam	2,8 ppm	25,3 ppm	34,3 ppm	Cloramfenicol
3	0,8	1,106	0,923	0,9
6	0,72	0,856	0,89	0,883
9	0,74	0,83	0,83	0,556
12	0,76	0,843	0,813	0,6
15	0,696	0,816	0,746	0,54
18	0,786	0,91	0,81	0,553
21	0,8	0,873	0,856	0,61
24	0,78	0,9	0,86	0,603
27	0,753	0,846	0,79	0,52
30	0,833	0,876	0,803	0,573
33	0,783	0,88	0,856	0,603
36	0,773	0,846	0,823	0,55
39	0,756	0,88	0,853	0,576
42	0,766	0,87	0,82	0,556
45	0,803	0,853	0,82	0,573
48	0,77	0,843	0,833	0,56
51	0,78	0,886	0,84	0,596
54	0,74	0,88	0,846	0,58
57	0,736	0,86	0,853	0,576
60	0,706	0,896	0,833	0,56
63	0,7	0,866	0,853	0,576
66	0,676	0,9	0,856	0,59
69	0,596	0,85	0,826	0,593
72	0,62	0,863	0,843	0,576

Data Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak Ionik Petri 2

Petri 2				
Jam	2,8 ppm	25,3 ppm	34,3 ppm	Cloramfenicol
3	0,953	1,06	0,92	1,153
6	0,743	0,983	0,93	0,67
9	0,703	0,833	0,81	0,646
12	0,75	0,793	0,733	0,693
15	0,73	0,766	0,76	0,646
18	0,793	0,79	0,776	0,683
21	0,836	0,776	0,773	0,686
24	0,823	0,783	0,846	0,68
27	0,81	0,746	0,793	0,71
30	0,796	0,826	0,813	0,68
33	0,783	0,816	0,846	0,703
36	0,813	0,78	0,833	0,667
39	0,766	0,846	0,816	0,623
42	0,75	0,753	0,806	0,667
45	0,773	0,78	0,833	0,656
48	0,773	0,776	0,803	0,613
51	0,753	0,77	0,826	0,703
54	0,756	0,863	0,813	0,696
57	0,75	0,763	0,81	0,59
60	0,753	0,746	0,876	0,646
63	0,76	0,786	0,83	0,626
66	0,746	0,81	0,803	0,586
69	0,783	0,78	0,82	0,676
72	0,783	0,783	0,846	0,706

Hasil Uji Antibakteri Nanopartikel Perak Ionik Petri 3

Petri 3				
Jam	2,8 ppm	25,3 ppm	34,3 ppm	Cloramfenicol
3	0,693	1,13	1,076	1,306
6	0,616	1,07	1,126	1,243
9	0,58	1,01	1,05	1,033
12	0,603	0,993	1,023	1,12
15	0,6	1,003	0,993	1,206
18	0,623	1,016	1,043	1,236
21	0,633	1,043	1,08	1,176
24	0,64	1,043	1,086	1,246
27	0,65	1,043	1,09	1,27
30	0,63	1,046	1,056	1,313
33	0,667	1,07	1,086	1,306
36	0,663	1,04	1,073	1,183
39	0,656	1,046	1,093	1,236
42	0,623	1,036	1,093	1,203
45	0,623	1,043	1,086	1,253
48	0,64	1,023	1,063	1,293
51	0,676	1,01	1,1	1,326
54	0,636	1,083	1,093	1,32
57	0,653	1,036	1,056	1,296
60	0,65	1,02	1,093	1,243
63	0,636	0,996	1,083	1,22
66	0,64	1,033	1,096	1,293
69	0,653	0,963	1,046	1,303
72	0,64	1,05	1,076	1,27

Hasil Rata-rata Uji Antibakteri Nanopartikel Perak Ionik Petri 1, 2 dan 3

Jam	2,8 ppm	25,3 ppm	34,3 ppm	Cloramfenicol
3	0,82 ± 0,13	1,09 ± 0,03	0,97 ± 0,08	1,12 ± 0,21
6	0,69 ± 0,06	0,97 ± 0,11	0,98 ± 0,12	0,93 ± 0,29
9	0,67 ± 0,08	0,89 ± 0,10	0,89 ± 0,13	0,73 ± 0,25
12	0,70 ± 0,08	0,88 ± 0,10	0,86 ± 0,15	0,80 ± 0,28
15	0,68 ± 0,06	0,86 ± 0,12	0,83 ± 0,14	0,80 ± 0,36
18	0,73 ± 0,09	0,91 ± 0,11	0,88 ± 0,14	0,82 ± 0,36
21	0,76 ± 0,11	0,89 ± 0,13	0,91 ± 0,15	0,82 ± 0,31
24	0,75 ± 0,09	0,91 ± 0,13	0,93 ± 0,13	0,84 ± 0,35
27	0,74 ± 0,08	0,88 ± 0,15	0,89 ± 0,17	0,83 ± 0,39
30	0,75 ± 0,11	0,92 ± 0,12	0,89 ± 0,14	0,86 ± 0,39
33	0,74 ± 0,06	0,92 ± 0,13	0,93 ± 0,14	0,87 ± 0,38
36	0,75 ± 0,07	0,89 ± 0,13	0,91 ± 0,14	0,80 ± 0,34
39	0,73 ± 0,06	0,92 ± 0,11	0,92 ± 0,15	0,81 ± 0,37
42	0,71 ± 0,07	0,89 ± 0,14	0,91 ± 0,16	0,81 ± 0,36
45	0,73 ± 0,09	0,89 ± 0,14	0,91 ± 0,14	0,83 ± 0,37
48	0,73 ± 0,07	0,88 ± 0,13	0,90 ± 0,14	0,82 ± 0,41
51	0,74 ± 0,05	0,89 ± 0,12	0,92 ± 0,15	0,88 ± 0,39
54	0,71 ± 0,06	0,94 ± 0,12	0,92 ± 0,15	0,87 ± 0,39
57	0,71 ± 0,05	0,89 ± 0,14	0,91 ± 0,13	0,82 ± 0,41
60	0,70 ± 0,05	0,89 ± 0,14	0,93 ± 0,13	0,82 ± 0,37
63	0,70 ± 0,06	0,88 ± 0,11	0,92 ± 0,13	0,81 ± 0,36
66	0,69 ± 0,05	0,91 ± 0,11	0,92 ± 0,15	0,82 ± 0,41
69	0,68 ± 0,09	0,86 ± 0,09	0,90 ± 0,12	0,86 ± 0,39
72	0,68 ± 0,08	0,90 ± 0,13	0,92 ± 0,13	0,85 ± 0,37