

**UJI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DAN KOLOID PERAK IONIK
SEBAGAI BAHAN ANTIBAKTERI DALAM MENGHAMBAT
PERTUMBUHAN BAKTERI *BACILLUS CEREUS***

TUGAS AKHIR SKRIPSI

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



ADI GALIH

14306144014

**PRODI FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**UJI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DAN KOLOID PERAK IONIK
SEBAGAI BAHAN ANTI BAKTERI DALAM MENGHAMBAT
PERTUMBUHAN BAKTERI *BACILLUS CEREUS***

Disusun oleh:

Adi Galih

NIM. 14306144014

Telah memenuhi syarat dan disetujui oleh dosen pembimbing untuk dilaksanakan
Ujian Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan.

Yogyakarta, September 2018

Mengetahui

Kaprodi Fisika

Nur Kadarisman, M.Si.
NIP. 196402051991011001

Disetujui

Dosen Pembimbing

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

UJI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DAN KOLOID PERAK IONIK SEBAGAI BAHAN ANTI BAKTERI DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *BACILLUS CEREUS*

Disusun Oleh:

Adi Galih

14306144014

Telah dipertahankan di depan Tim Pengaji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Pada Tanggal 28 September 2018



Nama/Jabatan

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

Ketua Pengaji/Pembimbing

Sumarna, M.Si., M.Eng.

Sekretaris Pengaji

Tanda-Tangan

Tanggal

24 - 10 - 2018

05 - 10 - 2018

Dr. Ariswan

Pengaji Utama

03 - 10 - 2018

Yogyakarta, 24 Oktober 2018
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Adi Galih

NIM : 14306144014

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : Uji Nanopartikel Perak Ionik dan Koloid Perak Ionik Sebagai

Bahan Anti Bakteri dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri

Bacillus Cereus

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

Yogyakarta, September 2018

Yang menyatakan,



Adi Galih

14306144014

MOTTO

Tidak Ada Kata Terlambat Untuk Memulai Hal Baik

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada Bapak, Ibu, serta Adik tersayang yang telah memberikan dukungan, doa, bimbingan dan juga semangat.

**UJI NANOPARTIKEL PERAK IONIK DAN KOLOID PERAK IONIK
SEBAGAI BAHAN ANTI BAKTERI DALAM MENGHAMBAT
PERTUMBUHAN BAKTERI *BACILLUS CEREUS***

**Oleh:
Adi Galih
14306144104**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan dan waktu elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan, mengetahui konduktivitas dan kandungan dari larutan nanopartikel perak ionik dan larutan koloid perak ionik yang disintesis menggunakan metode elektrolisis, serta mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap zona hambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*.

Penelitian ini dimulai dengan membuat larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dengan metode elektrolisis. Nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dibuat variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm, kemudian diukur konduktivitasnya dan diuji puncak serapan panjang gelombang perak (Ag^+) menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik kemudian diuji untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus* menggunakan metode *disc diffusion*. Proses penghambatan dilakukan selama 60 jam dengan pengukuran penghambatan setiap 12 jam.

Hasil dari pembuatan nanopartikel perak ionik menunjukkan bahwa dengan tegangan elektrolisis yang lebih besar menghasilkan nanopartikel lebih banyak, dan semakin lama waktu elektrolisis konsentrasi nanopartikel yang dihasilkan semakin banyak, namun pada menit ke 100 sampai 130 membentuk plato dimana konsentrasi yang dihasilkan cenderung tetap. Hasil dari pengukuran konduktivitas larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik menunjukkan bahwa nanopartikel perak dan koloid perak yang terbentuk memiliki muatan. Hasil uji Spektrofotometer UV-Vis untuk larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik menunjukkan bahwa larutan mengandung Ag^+ dan Br^- . Hasil pengujian terhadap penghambatan bakteri *Bacillus Cereus*, untuk nanopartikel perak ionik, konsentrasi optimal penghambatan 20 ppm serta waktu optimal penghambatan 24 jam dengan zona hambat sebesar $1,018 \pm 0,050$ cm, untuk koloid perak ionik, konsentrasi optimal penghambatan 20 ppm serta waktu optimal penghambatan selama 24 jam dengan zona hambat sebesar $0,976 \pm 0,092$ cm.

Kata Kunci : elektrolisis, nanopartikel perak ionik, koloid perak ionik, konduktivitas, spektrofotometer UV-Vis, *Bacillus Cereus*, *disc diffusion*.

**IONIC SILVER NANOPARTICLES AND IONIC SILVER COLOID TEST
AS ANTI BACTERIAL MATERIALS IN INHIBITING GROWTH OF
BACILLUS CEREUS BACTERIA**

By:

Adi Galih

14306144014

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of voltage and electrolysis time on the concentration of ionic silver nanoparticles produced, to determine the conductivity and content of a solution of ionic silver nanoparticles and ionic silver colloid solutions synthesized using electrolysis method, and to determine the effect of ionic silver nanoparticles and ionic silver colloidal concentrations on zone of growth inhibition of *Bacillus Cereus* bacteria.

This study began by making many solutions of ionic silver nanoparticles and ionic silver colloids by electrolysis method. Ionic silver nanoparticles and ionic silver colloids solutions were made in various concentrations of 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, and 50 ppm, then their conductivities were measured and tested the silver wavelength absorption peak (Ag^+) using UV-Vis spectrophotometer. The solutions of silver ionic nanoparticles and ionic silver colloids were then tested to inhibit the growth of *Bacillus Cereus* bacteria using the *disc diffusion* method. The inhibition process is carried out for 60 hours with inhibitory measurements every 12 hours.

The results of the production of ionic silver nanoparticles showed that with a greater electrolysis voltage produced more nanoparticles, and the longer electrolysis time resulting nanoparticles concentration increased, but in the 100 to 130 minutes formed plateau where the concentration produced tended to remain constant. The results of measuring the conductivity of ionic silver nanoparticles and ionic colloidal nanoparticles showed that silver nanoparticles and colloidal silver formed had a charge. The UV-Vis Spectrophotometer test results for a solution of ionic silver nanoparticles and ionic silver colloids showed that the solution contained Ag^+ and Br^- . Test results for inhibition of *Bacillus Cereus* bacteria, for ionic silver nanoparticles, optimal concentration of 20 ppm inhibition as well as 24 hour inhibitory optimal time with inhibition zone of $1,018 \pm 0,050\text{cm}$, for ionic silver colloid, optimal concentration of 20 ppm inhibition and 24 hours optimal inhibition time with zone inhibition of $0,976 \pm 0,092\text{cm}$.

Keywords: electrolysis, ionic silver nanoparticles, ionic colloidal silver, conductivity, UV-Vis, spectrophotometer, *Bacillus Cereus*, *disc diffusion*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ uji nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik sebagai bahan anti bakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri *bacillus cereus*”. Penulis dalam menyusunan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnyanya kepada :

1. Dr. Hartono, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
2. Yusman Wiyatmo M.Si. , selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika.
3. Nur Kadarisman M.Si., selaku Ketua Prodi Fisika.
4. Suparno, M.App. Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam proses penelitian maupun penyusunan naskah skripsi.
5. Dr. Supahar M.Si., selaku penasehat akademik yang selalu memberi motivasi dan arahan selama ini.
6. Semua dosen Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah banyak membrikan ilmunya bagi kami.
7. Petugas laboratorium Jurusan Pendidikan Fisika dan Jurusan Pendidikan Biologi yang telah bersedia membantu menyediakan tempat dan alat dalam pelaksanaan penelitian.

8. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini jauh dari sempurna, baik dari segi penyusunan, bahasan, ataupun penulisannya. Oleh karena itu kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun, guna menjadi acuan dalam bekal pengalaman bagi penulis untuk lebih baik di masa yang akan datang.

Yogyakarta,

2018

Penulis

Daftar Isi

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
Daftar Isi	xii
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Gambar	xv
Daftar Lampiran	xvi
BAB I	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II	7
A. Nanoteknologi	7
B. Partikel Perak	8
C. Elektrolisis	11

D. Agregasi	14
E. TDS (<i>Total Dissolve Solid</i>)	16
F. Spektrofotometer UV-Vis	18
G. <i>Bacillus Cereus</i>	21
H. Mekanisme Kerja Antibakteri	23
I. Uji Aktivitas Antibakteri.....	26
J. Kerangka Berpikir.....	28
BAB III.....	29
A. Jenis Penelitian.....	29
B. Subjek dan Objek Penelitian	29
C. Variabel Penelitian	29
D. Tempat dan Waktu Penelitian	31
E. Alat dan Bahan.....	31
F. Prosedur Penelitian.....	33
G. Diagram alir penelitian.....	37
H. Teknik Analisis Data.....	38
BAB IV	39
A. Produksi Nanopartikel perak ionik.....	39
B. Nanopartikel Perak Ionik dan Koloid Perak Ionik	42
C. Hasil Pengukuran Konduktivitas.....	44
D. Hasil Pengujian Spektrofotometer UV-Vis	45
E. Hasil pengujian penghambatan pertumbuhan bakteri <i>Bacillus Cereus</i>	53
BAB V.....	62
A. Kesimpulan	62
B. Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	67

Daftar Tabel

Tabel 1. Perbandingan panjang gelombang dengan ukuran partikel.	21
Tabel 2. Kategori diameter zona hambat.	28
Tabel 3. Data Elektrolisis.....	39
Tabel 4. Data konduktivitas nanopartikel ionik pada konsentrasi 10-50 ppm.....	44
Tabel 5. Data konduktivitas koloid ionik pada konsentrasi 10-50 ppm.....	45
Tabel 6. Hasil perhitungan ukuran partikel nanopartikel perak ionik.....	49
Tabel 7. Hasil perhitungan ukuran partikel koloid perak ionik.	52
Tabel 8. Hasil pengukuran zona hambat nanopartikel perak ionik.	54
Tabel 9. Hasil pengukuran zona hambat koloid perak ionik.....	57

Daftar Gambar

Gambar 1. Larutan nanopartikel perak dengan perbedaan warna.....	10
Gambar 2. Skema elektrolisis	11
Gambar 3. Jenis -jenis larutan.....	15
Gambar 4. Alat Ukur Total Dissolved Solid.....	16
Gambar 5. Kadar kontaminasi dalam air.....	17
Gambar 6. Skema Spektrofotometer UV-Vis (Suhartati, 2017).	18
Gambar 7. Tipe transisi elektron.....	20
Gambar 8. Bakteri Bacillus Cereus.....	23
Gambar 9. Zona hambat dengan metode disc diffusion.....	27
Gambar 10. Proses Elektrolisis	33
Gambar 11. (a) Nanopartikel Perak Ionik (b) Koloid Perak Ionik.....	33
Gambar 12. Grafik hasil elektrolisis	40
Gambar 13. grafik perbandingan hasil elektrolisis.	41
Gambar 14. Lapisan yang terbentuk dalam proses elektrolisis.....	42
Gambar 15. Nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik.....	43
Gambar 16. Hasil spektrofotometer UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik. ...	46
Gambar 17. Grafik hubungan panjang gelombang dengan ukuran partikel	49
Gambar 18. Hasil spektrofotometer UV-Vis larutan koloid perak ionik.....	50
Gambar 19. Hasil penghambatan bakteri	53
Gambar 20. Hasil zona hambat nanopartikel perak ionik	55
Gambar 21. Hasil zona hambat koloid perak ionik.....	59
Gambar 22 .Perbandingan zona hambat nanopartikel perak ionik dengan koloid perak ionik.....	61

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Proses Pengambilan data.....	67
Lampiran 2. Hasil zona hambat.....	68
Lampiran 3. Data pengukuran zona hambat.....	73
Lampiran 4. Perhitungan ukuran partikel.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Makanan merupakan salah satu kebutuhan pokok makhluk hidup, tanpa makanan makhluk hidup tidak dapat bertahan dalam menjalankan kegiatan. Hal tersebut karena di dalam makanan banyak terkandung nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh baik untuk regenerasi sel dalam tubuh maupun sebagai penghasil tenaga (Supardi dkk., 1999). Makanan terdiri dari makanan nabati atau makanan yang berasal dari tumbuhan seperti buah dan sayuran, serta makanan hewani atau makanan yang berasal dari hewan seperti daging dan susu. Kedua jenis makanan ini memiliki nutrisi yang berbeda dan sama-sama dibutuhkan oleh tubuh makhluk hidup.

Nutrisi yang berasal dari makanan kemudian akan diserap oleh tubuh, sehingga nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh dapat terpenuhi. Pada manusia kebutuhan nutrisi berbeda-beda tergantung usia manusia, dimana untuk usia anak-anak lebih membutuhkan banyak nutrisi dibandingkan dengan orang dewasa karena anak-anak lebih membutuhkan nutrisi untuk pertumbuhannya.

Makanan selain sebagai pemberi nutrisi bagi tubuh, juga bisa menimbulkan penyakit bagi tubuh. Penyakit yang disebabkan oleh makanan biasanya lebih dikenal dengan keracunan makanan. Keracunan makanan bisa disebabkan karena kandungan yang ada dalam makanan tersebut tidak dapat diterima tubuh, selain itu keracunan makanan juga dapat disebabkan karena adanya mikroba seperti bakteri yang bersifat patogen yang masuk ke dalam tubuh bersama dengan makanan. Beberapa

bakteri penyebab keracunan makanan antara lain *Staphylococcus Aureus*, *Clostridium Boyulinum*, *Clostridium Perfringens*, *Bacillus Cereus*, *Salmonella Typhi*, *Salmonella Paratyphi*. (Suharni dkk., 2007).

Pada kasus keracunan makanan bakteri biasanya menyebabkan intoksiasi ataupun infeksi, untuk kasus intoksiasi atau keracunan disebabkan karena racun yang dihasilkan oleh bakteri sedangkan infeksi disebabkan karena masuknya bakteri patogen ke dalam tubuh (Badan POM RI). Kasus keracunan makanan yang paling banyak ditemui adalah diare. Diare sendiri kebanyakan disebabkan oleh bakteri dari genus *Escherichia* seperti E.Coli dan genus *Bacillus* seperti *Bacillus Cereus*. Keracunan makanan sebenarnya dapat dicegah dengan memperhatikan kebersihan serta pengolahan yang baik. Pencegahan tersebut dapat berupa memasak makanan hingga matang serta penggunaan antiseptik pada tangan sebelum makan. (Suharni dkk., 2007).

Kemajuan teknologi saat ini berperan penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, termasuk cara dalam pencegahan terhadap keracunan makanan atau pengendalian bakteri dalam makanan. Salah satu yang sudah banyak dikembangkan adalah penggunaan perak yang digunakan sebagai antibakteri dalam berbagai produk seperti dalam cat, produk kain, tisu, dan lain- lain (Khaydarov dkk., 2009). Logam perak sendiri sudah diketahui memiliki sifat antibakteri. Dalam bentuk ionnya, perak merupakan antibakteri yang kuat. Logam perak memiliki kemampuan merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel dan menghambat sintesis sel bakteri.

Kerja partikel perak sebagai antibakteri dipengaruhi oleh ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikel perak semakin besar efek antibakterinya (Guzman dkk., 2009). Jika ukuran partikel perak semakin kecil, luas permukaan total partikel perak semakin besar sehingga meningkatkan kontak antara partikel perak dengan bakteri, serta dapat meningkatkan efektivitas sebagai anti 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 pada akhirnya menyebabkan kematian sel (Montazer, dkk., 2012).

Perkembangan nanoteknologi saat ini memungkinkan perak dibuat dalam skala nano. Penelitian di bidang nanoteknologi sendiri sudah menghasilkan berbagai produk dengan kinerja yang lebih baik, beberapa produk tersebut digunakan sebagai detektor, katalis, zat pelapis permukaan, dan anti bakteri. Partikel dengan skala 1- 100 nm disebut nanopartikel (Hosokawa dkk., 2007), untuk ukuran yang lebih besar berkisar 1-1000 nm disebut partikel koloid (Harahap, 2012) sedangkan untuk ukuran yang lebih besar lagi disebut partikel mikro.

Sintesis partikel perak dengan skala nanometer dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya metode elektrokimia, reduksi kimia, *ultrasonic irradiation*, fotokimia, dan sonokimia (Nursyamsi dkk.). Salah satu metode yang dapat dilakukan dengan cepat dan efisien adalah metode elektrokimia yang salah satu cabangnya adalah elektrolisis. elektrolisis yaitu suatu peristiwa dimana suatu larutan akan diuraikan menjadi ion-ionnya, yaitu ion positif (*kation*) dan ion negatif (*anion*), ketika arus listrik searah dialirkan ke dalam larutan elektrolit melalui

elektroda (Wiharti,2010). Ada dua tipe elektroda, yakni elektroda inert dan reaktif. Bila anoda berupa elektroda inert, reaksi oksidasi sangat bergantung pada jenis anion yang ada dalam larutan, sebaliknya bila anoda berupa elektroda reaktif maka elektroda itu akan larut (Isana.S.Y.L,2007).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka peneliti akan melakukan penelitian lebih lanjut terhadap partikel perak dengan skala nanometer sebagai antibakteri untuk selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan Latar Belakang dapat diidentifikasi beberapa permasalahan:

1. Makanan merupakan penyebab terbesar kasus keracunan.
2. Banyaknya jenis bakteri yang dapat mengkontaminasi makanan.
3. Pencegahan terhadap keracunan makanan masih belum efektif.
4. Penggunaan partikel perak sebagai antibakteri masih terbatas.
5. Informasi tentang pengaruh partikel perak dalam menghambat pertumbuhan bakteri masih terbatas.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, dalam penelitian ini permasalahan dibatasi pada nanopartikel perak ionik atau larutan yang berwarna bening kekuningan dan koloid perak ionik atau larutan yang berwarna kuning kemerahan yang disintesis menggunakan metode elektrolisis, serta penggunaanya berada pada rentang konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm, bakteri yang digunakan untuk diuji adalah bakteri *Bacillus Cereus*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah didapat beberapa rumusan masalah di antaranya:

1. Bagaimana pengaruh tegangan dan waktu elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan ?
2. Bagaimana karakteristik dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik yang disintesis menggunakan metode elektrolisis berdasarkan karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dan TDS?
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh tegangan dan waktu elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan.
2. Mengetahui konduktivitas dan kandungan dari larutan nanopartikel perak ionik dan larutan koloid perak ionik yang disintesis menggunakan metode elektrolisis.
3. Mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap zona hambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang metode elektrolisis dalam pembuatan partikel perak.
2. Memberikan informasi tentang nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik sebagai agen antibakteri.
3. Memberikan informasi untuk penelitian selanjutnya yang relevan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanoteknologi

Nanoteknologi adalah satu ilmu atau teknologi yang mempelajari obyek yang ukurannya sangat kecil (sepersemiliar meter), kemudian dilakukan manipulasi-manipulasi untuk menghasilkan benda-benda baru yang mempunyai karakter khusus seperti yang diinginkan (Paryati, 2016). Ukurannya yang sangat kecil tersebut kemudian dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Berikut beberapa bidang yang mengaplikasikan nanoteknologi:

1. Bidang Kesehatan

Nanoteknologi mencakup pengembangan teknologi dalam skala nanometer, biasanya 0,1 sampai 100 nm (satu nanometer sama dengan seperseribu mikrometer atau seperjuta milimeter), dengan ukuran yang kecil obat tidak perlu lagi dikonsumsi atau disuntikkan, namun hanya cukup dengan disemprotkan obat dengan teknologi nano sudah dapat masuk kedalam tubuh melalui pori-pori. Nanoteknologi telah dapat merekayasa obat hingga dapat mencapai sasaran dengan dosis yang tepat, termasuk peluang untuk mengatasi penyakit-penyakit berat seperti tumor, kanker, HIV dan lain lain (Ikka, 2014).

2. Bidang Industri

Aplikasi nanoteknologi dalam industri sangat luas. Teknologi ini dimanfaatkan untuk membuat material-material yang memiliki keunggulan. Material tersebut selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam industri, misal dalam industri mobil pelapisan body dilakukan dengan nanopartikel yang memberikan

beberapa keuntungan seperti tahan terhadap goresan dan kecemerlangan lebih tahan lama (Dewandaru, 2012).

3. Bidang Teknologi Informasi

Dunia informatika dan komputer/elektronik bisa menikmati adanya kuantum yang mampu mengirimkan data dengan kecepatan sangat tinggi. Komputer saat ini tersusun dari chip yang 3 sampai 4 kali lebih kecil, dengan daya 2 sampai 3 kali lebih besar serta mampu menyimpan data jutaan kali lebih banyak dari komputer yang kita gunakan saat ini. Begitu kecilnya chip itu, kita mungkin hanya bisa melihatnya dengan menggunakan mikroskop cahaya/elektron. Peran teknologi nano dalam pengembangan teknologi informasi (IT,information technology), sudah tidak diragukan lagi. Bertambahnya kecepatan komputer dari waktu ke waktu, meningkatnya kapasitas hardisk dan memori, semakin kecil dan bertambahnya fungsi telepon genggam, adalah contoh-contoh nyata produk teknologi nano di bidang IT (Dewandaru, 2012)

B. Partikel Perak

Silver (perak) adalah logam transisi yang dapat melakukan beberapa proses oksidasi dan dapat mengoksidasi zat lain. Sebagian besar bijih perak juga mengandung logam lainnya seperti plumbum, tembaga, seng dan lainnya. Jenis-jenis padatan perak ada beberapa di antaranya:

1. Perak Bromida

Perak Bromida (AgBr) merupakan perak yang berbentuk kristal atau serbuk. Perak Bromida mempunyai titik didih 300°C , peka terhadap cahaya, apabila terkena cahaya maka akan berubah menjadi hitam. Perak Bromida berwarna kuning dan

berfungsi dalam pemotretan. (Azizah, 2016).

2. Perak Nikel

Perak Nikel (CuNiZn) merupakan aliase dari tembaga, seng dan nikel. Perak jenis ini banyak digunakan untuk membuat perlengkapan makanan dan sering dimanfaatkan dalam alat-alat listrik. (Azizah, 2016).

3. Perak Nitrat

Perak Nitrat (AgNO_3) merupakan garam penting karena mempunyai sifat tembus cahaya, berbentuk brumbies, mudah larut dalam air, alkohol dan sebagainya. Perak nitrat mudah terurai pada suhu 450°C , dibuat dengan cara melarutkan perak ke dalam asam nitrat encer panas, kemudian diuapkan dan dikristalkan sehingga berbentuk kristal berwarna, dan sering dipakai dalam pemotretan serta pembuatan tinta tahan cuci. (Azizah, 2016).

4. Perak Sianida (AgCN)

Perak Sianida (AgCN) merupakan perak berbentuk serbuk putih, tidak berbau, dan tidak berasa. Bila terkena cahaya menjadi hitam dan mengandung racun yang keras. Perak sianida harus disimpan dalam botol yang berwarna cokelat karena perak tersebut peka terhadap cahaya dan sering digunakan untuk pengobatan. (Azizah, 2016).

Perak umumnya digunakan karena salah satu sifatnya yang bertoksik rendah. Salah satu hal yang saat ini sedang dikembangkan adalah partikel perak berbasis nanoteknologi, dimana partikel perak dibuat dalam skala nanometer, yang selanjutnya disebut nanopartikel perak. Ukuran dan bentuk partikel perak sangat penting dalam penentuan sifat optik, listrik, magnet, katalis, dan antimikrobanya,

dimana ukuran partikel semakin kecil, maka luas permukaan total nanopartikel perak semakin besar (Montazer dkk., 2012)

Nanopartikel sendiri memiliki banyak keunggulan diantaranya memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam berbagai bidang antara lain sebagai katalis, detektor (sensor) optik, dan agen antimikroba (Haryono, dkk. 2008). Di antara nanopartikel logam, nanopartikel perak banyak mendapat perhatian karena sifat fisik dan kimianya (Ristian, 2013). Nanopartikel perak memiliki serapan dan sebaran cahaya yang sangat efisien, serta tidak seperti bahan lainnya nanopartikel perak memiliki warna yang bergantung dari ukuran dan bentuk partikel serta konsentrasi (Apriandanu, dkk., 2013). Hal tersebut dapat diamati pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Larutan nanopartikel perak dengan perbedaan warna (Apriandanu, dkk., 2013).

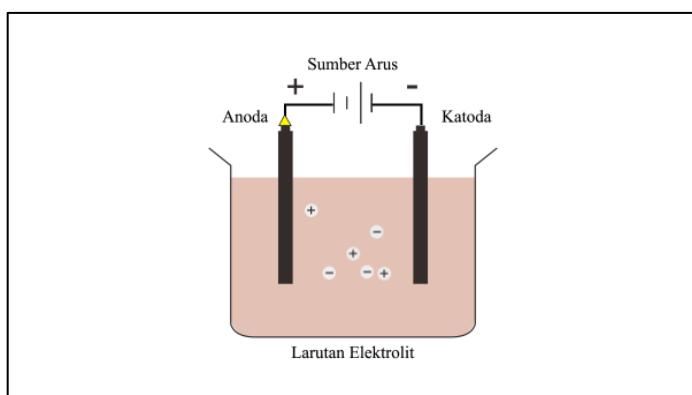
Gambar 1 menunjukkan semakin besar ukuran partikel maka warna nanopartikel perak semakin kemerahan.

Salah satu keunggulan dari segi produksi nanopartikel perak adalah harganya yang cukup murah dan relatif mudah untuk diproduksi. Produk nanopartikel perak ini, salah satunya berbentuk koloid. Suatu bahan tergolong nano jika memiliki ukuran 1-100 nm. Sedangkan untuk rentang yang lebih besar antara 1-1000 nm tergolong partikel koloid (Harahap, 2012). Produksi nanopartikel perak

sendiri dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya reduksi kimia, fotokimia, sonokimia, elektrokimia dan lain-lain (Wahyudi, 2011).

C. Elektrolisis

Elektrolisis merupakan salah satu cabang dari elektrokimia. Elektrolisis merupakan suatu proses kimia yang menggunakan energi listrik, agar reaksi kimia tidak spontan dapat berlangsung. Skema elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 2, dimana reaksi kimia tersebut berupa penguraian elektrolit dalam sel elektrolisis. Sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan reaksi redoks yang diinginkan. Pada sel elektrolisis katoda memiliki muatan negatif sedangkan anoda memiliki muatan positif. Baterai aki yang dapat diisi ulang merupakan salah satu contoh aplikasi sel elektrolisis dalam kehidupan sehari-hari (Harahap, 2016).



Gambar 2. Skema elektrolisis (Harahap, 2016).

Pada proses elektrolisis ada beberapa komponen yang terdapat di dalamnya yaitu:

a. Katoda

Katoda merupakan elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana pada katoda ini terjadi penempelan ion-ion yang tereduksi dari anoda. Katoda bertindak

sebagai logam yang akan dilapisi atau produk yang bersifat menerima ion. Katoda dihubungkan ke kutub negatif dari arus listrik. Katoda harus bersifat konduktor supaya proses elektrolisis dapat berlangsung (Aziz, 2015).

b. Anoda

Anoda merupakan elektroda yang mengalami reaksi oksidasi. Anoda bertindak sebagai kutub positif. Anoda berupa logam penghantar listrik, pada sel elektrokimia anoda akan terpolarisasi jika arus listrik mengalir ke dalamnya. Arus listrik mengalir berlawanan dengan arah pergerakan elektron (Bassett, 1994).

c. Larutan Elektrolit

Elektrolit merupakan suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ionnya. Ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit dapat berupa senyawa garam, asam, atau amfoter. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa, dan garam (Riyanto, 2013). Istilah elektrolit kuat dan elektrolit lemah diambil dari daya hantar listriknya. Elektrolit kuat mempunyai daya hantar listrik kuat karena mengandung jumlah ion yang lebih besar/banyak bila dibandingkan dengan elektrolit lemah. Faktor yang Berpengaruh pada Elektrolisis adalah konsentrasi elektrolit, sirkulasi elektrolit, rapat arus, tegangan, jarak anoda-katoda, rasio dan bentuk anoda-katoda, temperatur, daya tembus (*throwing power*), aditif, kontaminasi (Aziz, 2015).

d. Sumber Daya (*Power Supply*)

Power Supply atau catu daya adalah perangkat yang berfungsi untuk menyuplai tegangan langsung kekomponen yang membutuhkan tegangan. Baterai adalah sumber catu daya yang baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu

gb daya yang lebih besar sumber dari baterai tidak cukup. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak balik AC (*Alternating Current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catut daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC. *Power supply* mengubah tegangan listrik 220 volt menjadi lebih rendah sesuai dengan yang diinginkan (Aziz, 2015).

Sel elektrolisis sendiri dapat digunakan dalam berbagai hal diantaranya:

1. Pembuatan unsur dan senyawa

Beberapa unsur dan senyawa dapat diproduksi melalui elektrolisis, seperti produksi Alumunium yang diperoleh dengan cara elektrolisis bijih alumunium, atau produksi natrium, sel ekektrolisis pada produksi natrium diperoleh dengan cara elektrolisis lelehan NaCl (Wahyunanti, 2015).

2. Pe murnian logam

Logam dapat dimurnikan dengan elektrolisis dengan komponen sel:

Katoda : logam murni

Anoda : logam kotor

Elektrolit : larutan garam logam

Contoh pemurnian logam adalah logam tembaga (Cu). Jadi, Cu murni dijadikan katoda, Cu kotor dijadikan anoda, dan larutan CuSO₄ dijadikan elektrolitnya. Logam pengotor tidak akan larut, tetapi membentuk lumpur anoda, sehingga tembaga menjadi murni kembali (Wahyunanti, 2015).

3. Penyepuhan (*electroplating*)

Penyepuhan adalah proses perlindungan logam terhadap korosi dengan logam lain atau untuk memperbaiki penampilan logam dengan komponen sel:

Katoda : logam yang akan disepuh

Anoda : logam penyepuh

Elektrolit : larutan garam logam penyepuh

Hal ini menyebabkan pada katoda terjadi pengendapan, dan pada anoda terjadi pelarutan. Contoh penyepuhan logam adalah penyepuhan besi (Fe) dengan perak (Ag). Jadi, Fe dijadikan katoda, Ag dijadikan anoda, dan larutan garam Ag (misalnya AgNO₃) dijadikan elektrolitnya (Wahyunanti, 2015).

Dalam penelitian ini elektrolisis digunakan dalam pembuatan bahan nanoteknologi. Salah satu bahan nanoteknologi yang dapat dibuat dengan elektrolisis adalah nanopartikel perak. Pembuatan nanopartikel perak dibuat dengan mengelektrolisis dua batang padatan perak sebagai anoda dan katoda dalam air. Batang padatan perak yang dipakai dalam penelitian ini adalah perak bromida dengan kandunga perak sebesar 99% sehingga saat elektrolisis dilakukan akan terjadi reaksi oksidasi berupa pelepasan ion Ag⁺ pada anoda dan ketika reaksi dihentikan maka dari hasil elektrolisis tersebut kemudian dihasilkan nanopartikel perak yang bermuatan positif atau bersifat ionik.

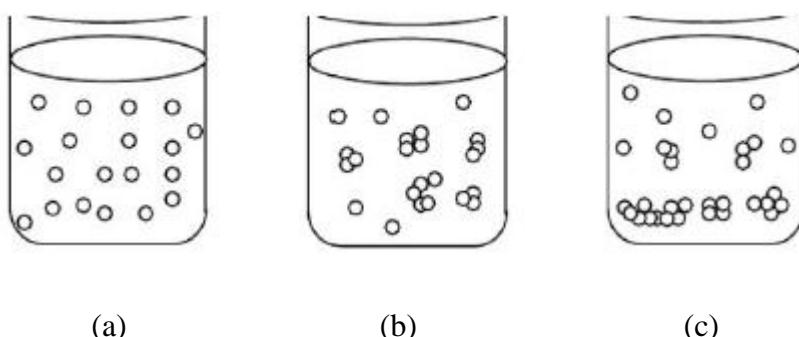
D. Agregasi

Agregasi merupakan proses terjadinya penggumpalan banyak partikel dalam larutan. Ada 2 macam penggumpalan yaitu koagulasi dan koalesensi. Koagulasi adalah penggumpalan yang terjadi tanpa disertai perubahan sifat fisika, sedangkan koalesensi adalah penggumpalan yang terjadi disertai perubahan fisika (Suparno, 2012). Partikel padat (nanopartikel) yang terdispersi dalam fase cair

menempel satu sama lain secara spontan membentuk kumpulan partikel tak beraturan seperti *kluster flok* atau *aggregat* (Khalil).

Partikel yang pada penelitian ini merupakan nanopartikel perak ionik yang terdispersi dalam aquades, pada nanopartikel perak ionik terjadi dipole permanen dan dipole terinduksi diantara partikel-partikel yang saling berdekatan sehingga mengalami koagulasi karena adanya gaya tarik van der waals. Gerak acak partikel dalam larutan membuka kemungkinan terjadinya tumbukan antar partikel dan tumbukan ini yang menjadi pemicu terjadinya gaya van der waals. Bila partikel satu dengan partikel yang lain saling bertumbukan terbuka kemungkinan satu pertikel melekat dengan partikel yang lain karena adanya gaya tarik van der waals, sehingga terjadi koagulasi (Atisah, 2016).

koagulasi partikel menyebabkan ukuran partikel menjadi besar seperti ditunjukkan pada Gambar 3(b). koagulasi juga mengindikasikan kecilnya gaya tolak antar partikel. kondisi seperti ini menyebabkan agregat yang terbentuk tidak memiliki daya tahan terhadap gravitasi bumi, sehingga partikel agregat mengalami sedimentasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3(c)(Atisah, 2016).



Gambar 3. Jenis -jenis larutan (a) larutan stabil (b) larutan mengalami koagulasi (c) larutan mengalami sedimentasi (Atisah, 2016).

dengan adanya agregasi partikel maka nanopartikel perak kemudian disebut dengan koloid perak. Koloid memiliki ukuran pada fase terdispersi dalam media pendispersi antara 1- 1000 nm (Harahap, 2012), yang terdiri dari molekul atau ion.

E. TDS (*Total Dissolve Solid*)



Gambar 4. Alat Ukur *Total Dissolved Solid*

TDS adalah singkatan dari *Total Dissolve Solid* yang dalam Bahasa Indonesia berarti Jumlah Zat Padat Terlarut. Bentuk TDS seperti terlihat pada Gambar 4. TDS merupakan indikator dari jumlah partikel atau zat tersebut, baik berupa senyawa organik maupun non-organik. Pengertian terlarut mengarah kepada partikel padat di dalam air yang memiliki ukuran di bawah 2 micrometer. Satuan yang digunakan biasanya ppm (part per million) atau yang sama dengan miligram per liter (mg/l) untuk pengukuran konsentrasi massa kimiawi yang menunjukkan berapa banyak gram dari suatu zat yang ada dalam satu liter dari cairan. Zat atau partikel padat terlarut yang ditemukan dalam air dapat berupa natrium (garam), kalsium, magnesium, kalium, karbonat, nitrat, bikarbonat, klorida dan sulfat (Lanovia,2015)

Ada dua macam metode yang digunakan dalam pengukuran menggunakan TDS yaitu:

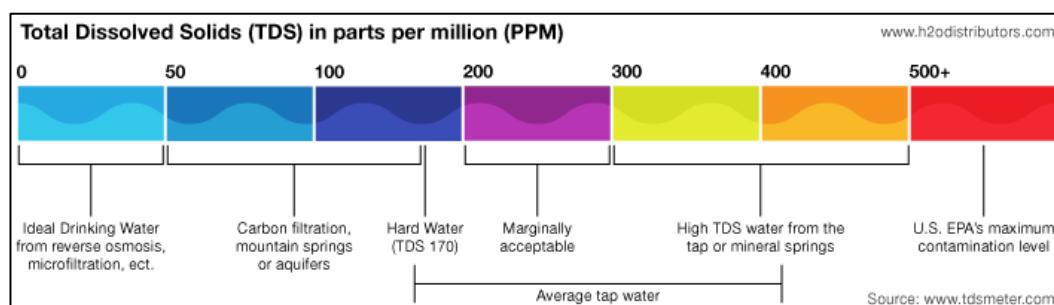
1. *Gravimetri*

Metode gravimetri merupakan metode pengukuran TDS yang paling akurat. Metode gravimetri dilakukan dengan cara memanaskan sampel sampai cairan sampel menguap hingga tersisa residu yang kemudian ditimbang langsung dengan menggunakan neraca digital, dengan demikian didapatkan hasil TDS dari sampel. Metode ini umumnya adalah metode yang terbaik, walaupun memerlukan banyak waktu dan mengakibatkan ketidakpastian jika proporsi TDS tinggi yang terdiri atas titik didih bahan kimia organik yang rendah, yang akan menguap bersama dengan cairan pelarut (Cahyani, 20116).

2. *Electric Conductivity*

Konduktivitas listrik air secara langsung berhubungan dengan konsentrasi padatan terlarut yang terionisasi dalam air. Ion dari konsentrasi padatan terlarut dalam air menciptakan kemampuan pada air untuk menghasilkan arus listrik, yang dapat diukur dengan menggunakan konduktivitas meter atau TDS meter (Thirumalini, 2008).

TDS biasanya digunakan untuk mengukur kadar kontaminasi dalam air. Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA) kadar kontaminasi dalam air disajikan pada gambar berikut:

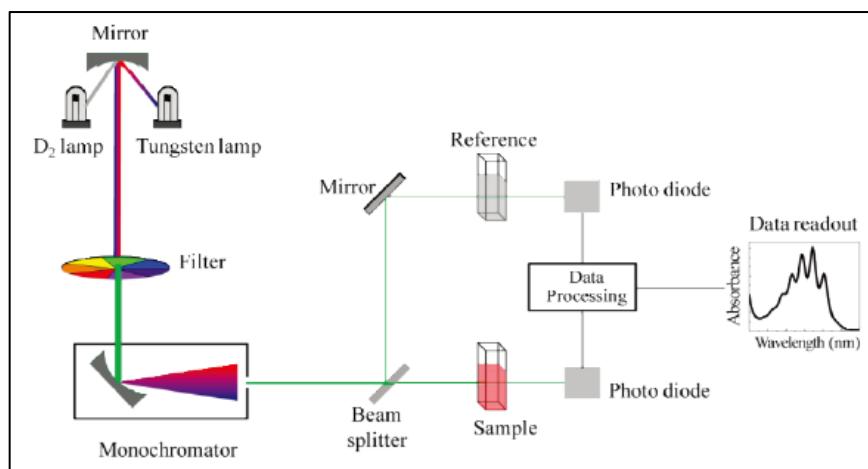


Gambar 5. Kadar kontaminasi dalam air (www.tdsmeter.com).

Dari Gambar 5 dapat diketahui kadar kontaminasi yang ideal bagi air minum adalah 0- 50 ppm.

F. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel dengan didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Salah satu spektrofotometer yang paling sering digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis. Interaksi senyawa organik dengan sinar ultraviolet dan sinar tampak, dapat digunakan untuk menentukan struktur molekul senyawa organik.



Gambar 6. Skema Spektrofotometer UV-Vis (Suhartati, 2017).

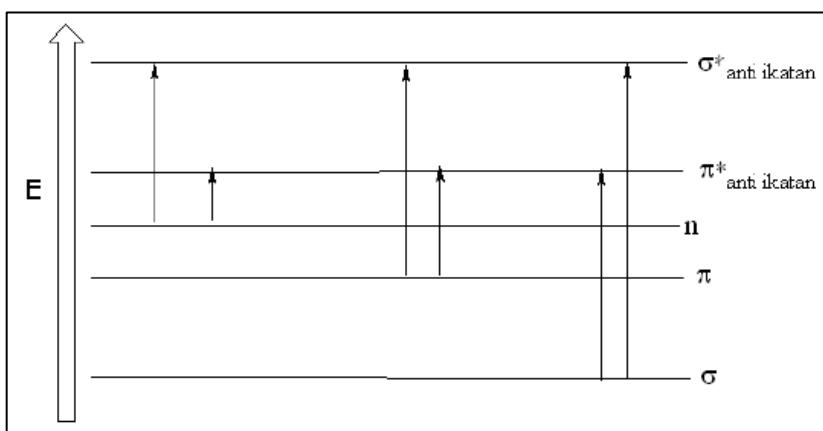
Gambar 6 menunjukkan bagian-bagian dari spektrofotometer UV-Vis, dimana spektrofotometer UV-Vis mempunyai dua sinar yang dibentuk oleh potongan cermin yang berbentuk V yang disebut pemecah sinar. Sinar pertama melewati larutan blanko dan sinar kedua secara serentak melewati sampel. Sumber sinar polikromatis, untuk sinar UV adalah lampu deuterium, sedangkan sinar Visibel atau sinar tampak adalah lampu wolfram (Suhartati, 2017).

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

Proses terjadinya absorbansi cahaya pada spektrofotometer mengacu pada Hukum Lambert Beer yaitu ketika cahaya monokromatis mengenai suatu media (larutan) maka sebagian cahaya tersebut akan diserap, sebagian akan dipantulkan, dan sebagian akan diteruskan . Jika suatu molekul dalam larutan tertentu menyerap energi dari cahaya UV dan cahaya tampak maka bagian dari molekul yang paling cepat bereaksi dengan sinar tersebut adalah elektron-elektron ikatan dan elektron-elektron nonikatan (elektron bebas). Sinar ultraviolet dan sinar tampak merupakan energi, yang bila mengenai elektron-elektron tersebut, maka elektron akan tereksitasi dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi, eksitasi elektron-elektron ini, direkam dalam bentuk spektrum yang dinyatakan sebagai panjang gelombang dan absorbansi, sesuai dengan jenis elektron-elektron yang terdapat dalam molekul yang dianalisis. Makin mudah elektron-elektron bereksitasi makin

besar panjang gelombang yang diabsorbsi, makin banyak elektron yang bereksitasi makin tinggi absorban, eksitasi elektron sendiri disebut transisi elektronik (Suhartati, 2017).

Jenis-jenis transisi elektron terbagi dalam tiga jenis utama orbital/tingkat energi molekul seperti terlihat pada Gambar 7, yaitu orbital sigma (σ); orbital pi (π); dan orbital elektron bebas (n). Masing-masing orbital molekul ini mempunyai suatu orbital anti-ikatan σ^* atau π^* yang berkaitan dengannya. Transisi-transisi elektron tersebut terjadi dari orbital ikatan ke orbital anti-ikatan. Transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ keadaan tereksitasi lebih terkutub (polar) dari pada keadaan dasar. Akibatnya, pada transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ dalam pelarut polar, absorpsi akan bergeser ke panjang gelombang lebih besar atau disebut efek batokromik (*red shift*). Sedangkan molekul yang mempunyai elektron bebas dapat berinteraksi dengan pelarut berikatan hidrogen dengan lebih baik dalam keadaan dasar dari pada dalam keadaan tereksitasi. Akibatnya, absorpsi transisi $n \rightarrow \pi^*$ akan bergerak ke panjang gelombang yang lebih kecil dalam pelarut polar atau disebut dengan pergeseran hipsokrom (*blue shift*) (Pavia dkk., 2014).



Gambar 7. Tipe transisi elektron (Suhartati, 2017).

Spektrofotometer UV-Vis pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan perak dalam larutan, berdasarkan penelitaian yang telah dilakukan data panjang gelombang spektroskopi atom Ag yaitu pada rentang 328-466 nm.(Paryati, 2016). Selain untuk mengetahui ada tidaknya kandungan perak, data hasil spektrofotometer UV-Vis juga digunakan untuk menentukan ukuran partikel. Penelitian yang telah dilakukan oleh solomon menunjukkan hasil hubungan antara panjang gelombang dengan ukuran partikel seperti disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan panjang gelombang dengan ukuran partikel (Solomon, 2007).

Panjang gelombang (nm)	Ukuran (nm)
405	14
420	35
438	60

G. *Bacillus Cereus*

Bacillus cereus merupakan salah satu penyebab keracunan pada makanan sejak tahun 1955. Berdasarkan data dari WHO Sekitar 5% dari semua kasus keracunan pangan di Eropa tahun 1990 yang telah dilaporkan disebabkan oleh *Bacillus cereus*. Menurut data kasus jumlah minimal *Bacillus cereus* yang dapat menimbulkan keracunan pada pangan adalah sekitar 10^5 sel / gram pangan Berikut ini merupakan klasifikasi dari *Bacillus cereus*:

Kingdom : Bacteria

Phylum : Firmicutes

Class : Bacilli

Order : Bacillales
Family : Bacillaceae
Genus : *Bacillus*
Species : *Bacillus cereus*

Bacillus cereus merupakan golongan bakteri Gram-positif (bakteri yang mempertahankan zat warna kristal violet sewaktu proses pewarnaan gram), bakteri gram positif mempunyai dinding sel tebal yang tersusun dari peptidoglikan. Bakteri *Bacillus Cereus* bersifat aerob fakultatif (dapat menggunakan oksigen tetapi dapat juga menghasilkan energi secara anaerobik), dan dapat membentuk spora. Spora *Bacillus cereus* lebih tahan pada panas kering dari pada pada panas lembab dan dapat bertahan lama pada produk yang kering. Selnya berbentuk batang besar (bacillus) dan sporanya tidak membengkakkan sporangiumnya. Kebanyakan anggota genus ini adalah organisme saprofit yang terdapat dalam tanah, air, udara dan tumbuh-tumbuhan seperti *Bacillus subtilis* dan *Bacillus cereus* (Jawetz, 2001).

Bacillus cereus merupakan bakteri bersel tunggal, berbentuk batang pendek (rod) biasanya dalam bentuk rantai panjang, seperti terlihat pada Gambar 8. Umumnya mempunyai ukuran lebar 1,0 μm –1,2 μm dan panjang 3 μm –5 μm , suhu pertumbuhan maksimum 37–48°C dan minimum 5–20°C, suhu pertumbuhan optimum 30°C dan pH pertumbuhan 5,5–8,5 (Naryaningsih, 2005).



ASM MicrobeLibrary.org © Hedetniemi and Liao

Gambar 8. Bakteri *Bacillus Cereus* (Naryaningsih, 2005).

Bakteri *Bacillus Cereus* merupakan bakteri yang bersifat patogen bagi manusia. Bakteri ini biasanya menempel pada makanan dan bila tertelan akan mengakibatkan keracunan makanan. Keracunan makanan yang disebabkan bakteri *Bacillus Cereus* karena bakteri ini menghasilkan toksin yang mengandung peptida tahan panas dengan berat molekul rendah yang mengakibatkan muntah atau emesis, dan toksin yang mengandung protein dengan berat molekul lebih besar yang mengakibatkan diare. Gejala dapat ditemukan pada 1 – 6 jam setelah asupan makanan terkontaminasi, dan masa berlangsungnya penyakit kurang dari 24 jam. Gejala akut mual, muntah, dan nyeri abdomen, yang seringkali berakhir setelah 10 jam. Gejala diare terjadi pada 8 – 16 jam setelah asupan makanan terkontaminasi dengan gejala diare cair dan kejang abdomen (Zein dkk., 2004)

H. Mekanisme Kerja Antibakteri

Antibakteri adalah zat yang dapat membunuh serta menekan pertumbuhan atau reproduksi bakteri. Suatu zat antibakteri idealnya harus memiliki sifat toksisitas selektif, artinya bahwa suatu antibakteri berbahaya terhadap parasit tetapi tidak membahayakan bagi inangnya. Zat antibakteri dibagi menjadi dua kelompok,

yaitu antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (*bakteriostatik*) dan antibakteri yang dapat membunuh bakteri (*bakteriosid*) (Talaro, 2008).

Berdasarkan daya menghambat atau membunuhnya, antibakteri dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu berspektrum sempit (*narrow spectrum*) dan berspektrum luas (*broad spectrum*). Antibakteri berspektrum sempit merupakan antibakteri yang hanya dapat bekerja terhadap bakteri tertentu, misalnya terhadap bakteri gram positif saja atau gram negatif saja. Antibakteri berspektrum luas merupakan antibakteri yang dapat bekerja baik pada bakteri gram positif maupun gram negatif (Talaro, 2008). Berdasarkan mekanisme kerjanya, antibakteri dapat dibagi menjadi beberapa cara, di antaranya:

1. Menghambat sintesis dinding sel

Bakteri mempunyai lapisan luar yang berupa dinding sel yang mengelilingi sitoplasma membran sel. Dinding sel bakteri berisi polimer mucopeptida kompleks (peptidoglikan). Dinding sel bakteri Gram positif mempunyai lapisan peptidoglikan tebal yang mengandung asam amino alanin yang bersifat hidrofobik, sedangkan bakteri Gram negatif mempunyai sisi hidrofilik yaitu karboksil, amino dan hidroksil (Franklin, 1989).

Dinding sel berfungsi sebagai pelindung sel bakteri dari perbedaan tekanan osmotik di dalam dan diluar sel yang tinggi. Dinding sel bakteri terdiri dari peptidoglikan dan komponen yang lain. Sel yang aktif secara terus-menerus akan mensintesis peptidoglikan yang baru dan menempatkannya pada posisi yang tepat pada dinding sel. Antibakteri bereaksi dengan satu atau banyak enzim yang

dibutuhkan pada proses sintesis, sehingga menyebabkan pembentukan dinding sel lemah dan menyebabkan pemecahan osmotik (Talaro, 2008).

2. Merusak membran plasma

Membran plasma berperan sebagai barrier permeabilitas selektif, dimana membran plasma berfungsi mengendalikan transport berbagai metabolit ke luar dan ke dalam sel sehingga akan mengontrol komposisi internal sel. Jika fungsi dari membran plasma dirusak akan menyebabkan keluarnya makromolekul dan ion dari sel, kemudian sel rusak atau terjadi kematian (Jawetz, dkk., 2001).

3. Menghambat sintesis protein

DNA, RNA, dan protein memegang peranan sangat penting di dalam proses kehidupan normal sel. Apabila terjadi gangguan pada pembentukan atau pada fungsi zat-zat tersebut dapat mengakibatkan kerusakan total pada sel. Mekanisme kerja antibakteri disini adalah dengan menghalangi terikatnya RNA pada tempat spesifik ribosom, selama pemanjangan rantai peptida. Ribosom eukariotik berbeda dengan prokariotik, sehingga menyebabkan aksi yang selektif terhadap bakteri. Bakteri mempunyai 70s ribosom, sedangkan sel mamalia mempunyai 80s ribosom (Pelczar, 1986).

4. Menghambat sintesis asam nukleat

Antibakteri bekerja dengan menghambat sintesis asam nukleat berupa penghambatan transkrip dan replikasi DNA. Antibakteri berikatan sangat kuat pada enzim DNA Dependent RNA Polymerase bakteri, sehingga menghambat sintesis RNA bakteri. Resistensi pada antibakteri ini dapat terjadi akibat perubahan pada

RNA polymerase akibat mutasi kromosom yang sangat sering terjadi (Jawetz, dkk., 2001).

5. Menghambat sintesis metabolit esensial

Mekanisme kerja antibakteri ini adalah dengan menjadi kompetitor berupa antimetabolit, yang merupakan substansi yang secara kompetitif menghambat metabolisme bakteri. Memiliki struktur yang mirip dengan substrat normal bagi enzim metabolisme. Penghambatan berupa penggabungan enzim sehingga mencegah kombinasi substrat enzim dan reaksi-reaksi katalik (Pratiwi, 2008).

I. Uji Aktivitas Antibakteri

Zat antibakteri adalah zat yang dapat mengganggu proses pertumbuhan dan metabolisme melalui mekanisme penghambatan pertumbuhan bakteri (Pelczar, 1986). Uji aktivitas antibakteri bertujuan untuk mengetahui batas kepekaan suatu senyawa antibakteri terhadap suatu bakteri tertentu. Uji aktivitas antibakteri dapat dilakukan dengan metode dilusi dan metode difusi. Prinsip metode dilusi adalah senyawa antibakteri diencerkan hingga diperoleh beberapa macam konsentrasi, kemudian masing-masing konsentrasi ditambahkan suspensi bakteri uji dalam media cair, setelah diinkubasi maka pertumbuhan bisa diamati dengan adanya kekeruhan atau tidak pada larutan tersebut (Pratiwi, 2008).

Prinsip metode difusi adalah dengan melihat zona hambat yang terbentuk oleh zat antibakteri dalam media padat yang sudah ditanami bakteri. Metode difusi yang paling sering digunakan adalah metode *disc diffusion*. Metode *disc diffusion* menggunakan cakram yang berfungsi sebagai tempat berisi antibakteri, kemudian cakram tersebut diletakkan pada media agar yang telah ditanami bakteri yang akan

berdifusi pada media agar atau media padat, pada proses ini kemudian akan terbentuk zona hambat yang nantinya dapat diukur seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Zona hambat dengan metode *disc diffusion* (Bauer, 1966).

Menurut Bauer terdapat dua macam zona yang terbentuk

1. Zona radikal

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

2. Zona irradikal

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

Uji disc diffusion diamati dengan mengukur diameter zona radikal atau zona hambat yang memperlihatkan tidak adanya pertumbuhan bakteri disekeliling cakram. Zona hambat tersebut dapat diukur dengan menggunakan jangka sorong, keadaan tersebut merupakan indikasi adanya respon penghambatan pertumbuhan bakteri. Respon zona hambat menurut Elgayar dapat diklasifikasikan seperti terlihat pada Tabel 2

Tabel 2. Kategori diameter zona hambat (Elgayyar, 2000).

Diameter zona hambat (mm)	Kategori respon
>11 mm	Kuat
6-11 mm	Sedang
<6 mm	Rendah

J. Kerangka Berpikir

Penelitian yang dilakukan kali ini bertema tentang perak ionik. Perak ionik diaplikasikan dalam bidang kesehatan yaitu untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*. Penelitian ini diambil peneliti guna mengembangkan kegunaan dari perak ionik sebagai bahan anti bakteri. Banyak teori dan penelitian yang dilakukan terkait dengan bahan perak sebagai anti bakteri. Penelitian kali ini bahan perak dibuat menjadi larutan nanopartikel perak ionik dan larutan koloid perak ionik dengan metode elektrolisis, selanjutnya dengan variasi konsentrasi tertentu kedua larutan tersebut diuji untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*. Berdasarkan penelitian ini muncul kesimpulan dan saran yang dapat dijadikan acuan penelitian lebih lanjut tentang perak ionik yang diaplikasikan sebagai antibakteri.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian experimental dengan menggunakan metode elektrolisis dan metode *disc diffusion*.

B. Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian ini merupakan konsentrasi nanopartikel perak ionik dan konsentrasi koloid perak ionik. Objek penelitian ini merupakan zona hambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*.

C. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan secara bebas untuk variasi tertentu. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a Produksi

Tegangan dan lama proses elektrolisis.

b Karakterisasi

Konsentrasi nanopartikel perak ionik dan konsentrasi koloid perak ionik.

c Aplikasi

Konsentrasi nanopartikel perak ionik dan konsentrasi koloid perak ionik.

2. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang dapat dikontrol supaya keadaan selalu tetap. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah:

a Produksi

Panjang dan diameter batang perak, jarak antar elektroda, serta volume larutan elektrolisis.

b Karakterisasi

Set alat spektrofotometer UV-Vis dan TDS

c Aplikasi

Diameter kertas cakram, lama waktu rendaman, dan suhu ruangan.

3. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang hasilnya dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

a Produksi

Konsentrasi nanopartikel perak ionik dan konsentrasi koloid perak ionik yang dihasilkan.

b Karakterisasi

Nilai panjang gelombang pada puncak absorbansi hasil uji UV-Vis, dan nilai konduktivitas larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik.

c Aplikasi

Zona hambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*.

D. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Juni 2018. Lokasi penelitian dilakukan di beberapa tempat, yaitu:

1. Pembuatan larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dilakukan di Laboratorium Koloid, Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Pengujian UV-Vis dikakukan di Laboratorium Analitik, Jurusan Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Pengujian penghambatan bakteri *Bacillus Cereus*dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Pendidikan Biologi, Universitas Negeri Yogyakarta.

E. Alat dan Bahan

1. Alat-alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Power supplay (1 buah)
- b. Kabel (2 buah)
- c. Gelas (1 buah)
- d. Penyangga (1 buah)
- e. TDS (Total Dissolved Solid) (1 buah)
- f. Amplas (1 lembar)
- g. Cawan Petri (6 buah)
- h. Tabung Erlemeyer (3 buah)
- i. Gelas Ukur (2 buah)
- j. Neraca Analitik (1 buah)
- k. Magnetic Stirrer (1 buah)

- l. Autoclave (1 buah)
 - m. Laminar Air Flow (1 buah)
 - n. Bunsen (1 buah)
 - o. Ose (1 buah)
 - p. Sekeer (1 buah)
 - q. Lemari Pendingin (1 buah)
 - r. *Micro Pipet* 0,1 ml (1 buah)
 - s. *Drigalsky* (1 buah)
 - t. Pinset (1 buah)
 - u. Kertas Saring (5 lembar)
 - v. Inkubator (1 buah)
 - w. Jangka Sorong (1 buah, ketelitian 0,005 cm)
 - x. UV- Vis (1 buah)
 - y. Alkohol (200 ml)
2. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - a. Batang Perak (2 buah)
 - b. Aquades (1 liter)
 - c. *Nutrient Borth* (1,3 gram)
 - d. *Nutrient Agar* (4 gram)
 - e. Isolat *Bacillus Cereus*(1 tabung)

F. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik



Gambar 10. Proses Elektrolisis

Gambar 10 menunjukkan pembuatan nanopartikel perak ionik dengan melakukan elektrolisis dengan kedua elektrode berupa batang perak dalam 250 ml akuades dengan tegangan 45 V dan 40 V selama 130 menit, setelah itu kemudian untuk meningkatkan konsentrasi larutan nanopartikel perak ionik dipanaskan dengan magnetik stirer pada suhu 96°C hingga volume larutan menjadi setengah volume awal. Pembuatan koloid perak ionik dilakukan dengan mengagregasi larutan nanopartikel perak ionik secara alami yaitu dengan mendiamkan larutan nanopartikel perak ionik dalam botol berwarna gelap (coklat) dan ruangan tertutup untuk menghindari reaksi dengan sinar matahari selama 1 bulan sehingga mengalami agregasi dan terbentuk koloid perak ionik hasil dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. (a) Nanopartikel Perak Ionik (b) Koloid Perak Ionik

2. Pembuatan variasi konsentrasi

Nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik yang telah dibuat, kemudian dilakukan variasi konsentrasi dengan variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Variasi konsentrasi tersebut dibuat dengan melakukan pengenceran sesuai dengan persamaan berikut:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Dimana

M_1 = konsentrasi awal

V_1 = volume awal

M_2 = konsentrasi akhir

V_2 = volume akhir

3. Pengukuran konduktivitas listrik

Pengukuran konduktifitas listrik ini dilakukan dengan menggunakan alat *Total Disolved Solid* (TDS) bertujuan untuk mengetahui bahwa nanopartikel perak dan koloid perak yang dihasilkan bersifat ionik, serta mengetahui nilai konduktivitas pada setiap konsentrasi nanopartikel perak dan koloid perak.

4. Pengujian Spektrofotometri UV-Vis

Pengujian Spektrofotometri UV-Vis dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 5 ml sampel pada setiap konsentrasi dari nanoparikel perak ionik dan koloid perak ionik. Pengujian spektrofotometri UV-Vis dilakukan untuk mengetahui puncak serapan atom dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik, sehingga dari hasil serapan dapat diketahui kandungan perak dalam larutan.

5. Sterilisasi alat

Sterilisasi alat bertujuan untuk membersihkan peralatan yang digunakan dari kontaminasi patogen maupun zat lain. Sterilisasi alat dilakukan dengan mencuci bersih semua peralatan, selanjutnya dikeringkan dan dibungkus dengan kertas payung kemudian dipanaskan menggunakan autoclave selama 1 jam pada tekanan 1,5 atm dan suhu 121°C

6. Pembuatan media kultur

Media kultur pada penelitian ini ada 2 yaitu media kultur cair dan media kultur padat. Pembuatan media kultur cair dilakukan dengan melarutkan 1,3 gram *Nutrient Borth* kedalam 100 ml aquades pada suhu $\pm 80^\circ\text{C}$ kemudian diseterilkan menggunakan autoclave dengan suhu $\pm 121^\circ\text{C}$. Pembuatan media kultur padat dilakukan dengan melarutkan 4 gram *Nutrient Agar* kedalam 200 ml aquades pada suhu $\pm 100^\circ\text{C}$, kemudian diseterilkan menggunakan autoclave dengan suhu $\pm 121^\circ\text{C}$, selanjutnya larutan dituang kedalam cawan petri dengan masing-masing cawan petri berisi 25 ml, kemudian ditunggu hingga memadat.

7. Peremajaan bakteri

Peremajaan bakteri dilakukan dengan mengambil 1 ose isolat bakteri bacillus cereus kemudian dicampurkan kedalam media cair, selanjutnya dimasukkan kedalam seeker dengan kecepatan 100 – 120 rpm selama 24 jam dengan tujuan bakteri tumbuh secara homogen dalam media cair.

8. Penanaman bakteri

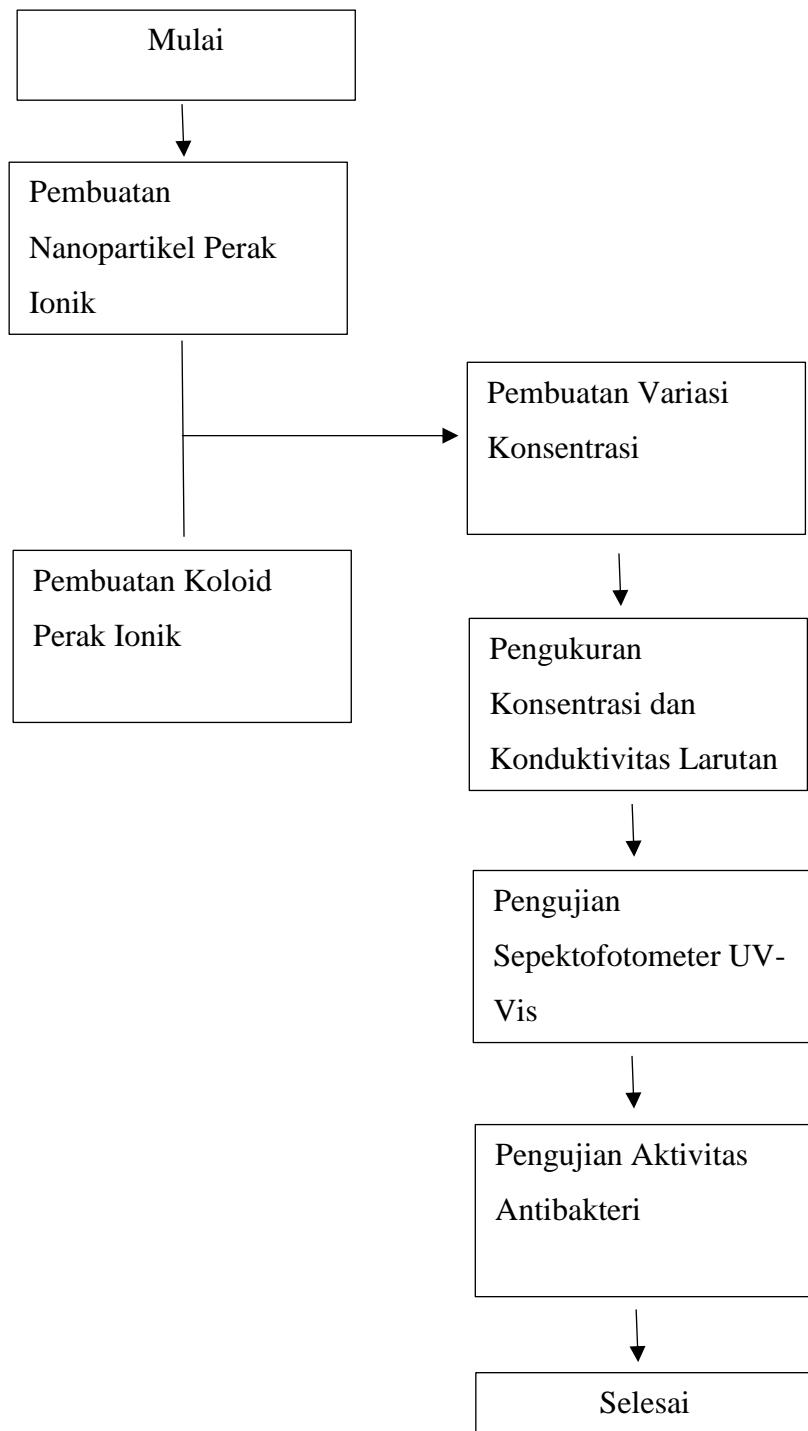
Penanaman Bakteri dilakukan dengan mengambil bakteri *Bacillus Cereus* yang sudah diremajakan dalam media cair kemudian diambil 0,1ml dengan

menggunakan tip pipet kemudian dituang dalam cawan petri yang sudah berisi media padat berupa *Nutrient Agar*, lalu diratakan menggunakan *Drigalsky*.

9. Uji aktivitas anti bakteri

Pengujian dilakukan dengan cara merendam kertas cakram dengan diameter 0,6 cm dalam larutan nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40ppm, 50 ppm, dan koloid perak ionik dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40ppm, 50 ppm, selama 10 menit, kemudian ditiriskan selama 3 menit. Kertas cakram tersebut kemudian dimasukkan kedalam cawan petri yang sudah ditanami bakteri *bacillus cereus*, kemudian cawan petri ditutup rapat menggunakan plestik warp, lalu dimasukkan kedalam inkubator dengan suhu 37°C. Aktivitas antibakteri dapat dilihat dengan mengamati zona bening yang terbentuk disekitar kertas cakram dengan rentang pengamatan 12 jam.

G. Diagram alir penelitian



H. Teknik Analisis Data

1. Analisis hasil uji UV- Vis

UV-Vis dalam penelitian ini digunakan untuk mendeteksi adanya nanopartikel perak dalam sebuah larutan. UV-Vis sendiri merupakan alat untuk menghitung serapan suatu bahan pada panjang gelombang tertentu. Untuk nanopartikel perak berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dibeberapa referensi dikatakan memiliki nilai serapan tertinggi pada panjang gelombang antara 328nm sampai 466nm. Analisis hasil Uji UV- Vis dilakukan dengan melihat puncak serapan pada masing-masing konsentrasi dari larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik sehingga dapat diketahui kandungan perak di dalam larutan tersebut. Puncak panjang gelombang serapan pada UV- Vis juga digunakan untuk menentukan ukuran dari nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dengan mencocokkan data hasil UV-Vis yang didapat dengan datasheet perbandingan panjang gelombang puncak serapan dengan ukuran partikel pada penelitian yang telah dilakukan oleh solomon.

2. Analisis hasil uji antibakteri terhadap bakteri *Bacillus Cereus*.

Analisis hasil uji antibakteri terhadap bakteri *Bacillus Cereus* dilakukan dengan mengamati diameter zona hambat atau daerah bening yang terbentuk disekeliling kertas cakram. Pengukuran zona hambat dilakukan menggunakan jangka sorong. Zona hambat yang teramati kemudian diplot ke dalam grafik menggunakan microsoft excel untuk melihat perbandingan diameter zona hambat yang terbentuk pada setiap konsentrasi. Diameter zona hambat yang teramati kemudian dapat digunakan dalam penentuan konsentrasi yang menghasilkan zona hambat terbesar dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Tujuan penelitian ini diantaranya, i) mengetahui pengaruh tegangan dan waktu elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak yang dihasilkan, ii) mengetahui kandungan dan konduktivitas dari larutan nanopartikel perak ionik dan larutan koloid perak ionik yang disintesis menggunakan metode, iii) mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap zona hambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*.

A. Produksi Nanopartikel perak ionik

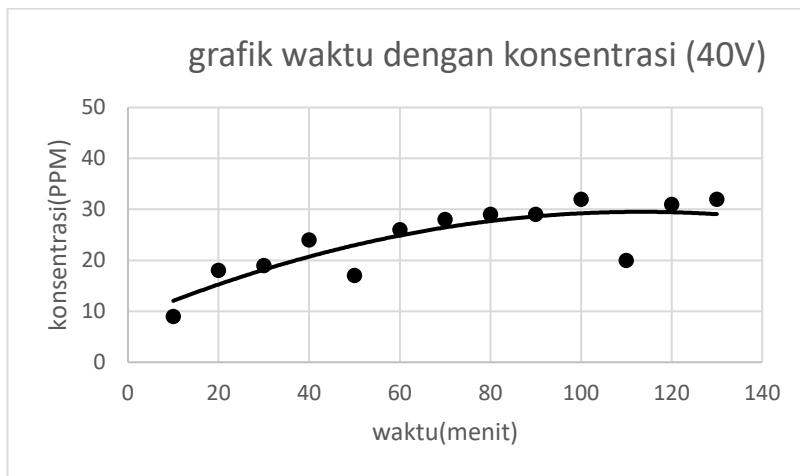
Pada penelitian ini proses produksi nanopartikel perak ionik yang dilakukan dengan metode elektrolisis, dalam proses elektrolisis tersebut dilakukan pada variasi dua tegangan yang berbeda yaitu pada tegangan 40 Volt dan 45 Volt, berikut adalah data tegangan dan lama waktu elektrolisis yang didapat:

Volume aquades 200 ml, jarak antar elektroda 1 cm, panjang elektroda 10 cm, diameter elektroda 0,5 cm.

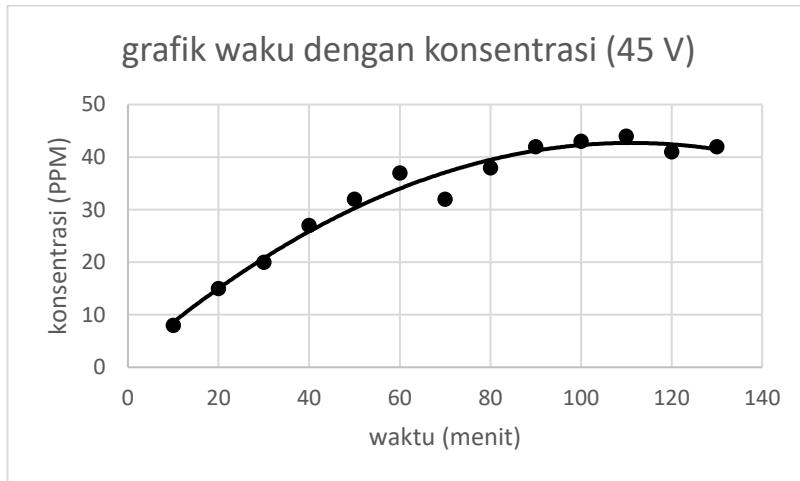
Tabel 3. Data Elektrolisis

Tegangan	$40,00 \pm 0,05$ V
Waktu(menit)	Ppm $\pm 0,5$
10	9,0
20	18,0
30	19,0
40	24,0
50	17,0
60	26,0
70	28,0
80	29,0
90	29,0
100	32,0
110	20,0
120	31,0
130	32,0

Tegangan	$45,00 \pm 0,05$ V
Waktu(menit)	Ppm $\pm 0,5$
10	8,0
20	15,0
30	20,0
40	27,0
50	32,0
60	37,0
70	32,0
80	38,0
90	42,0
100	43,0
110	44,0
120	41,0
130	42,0



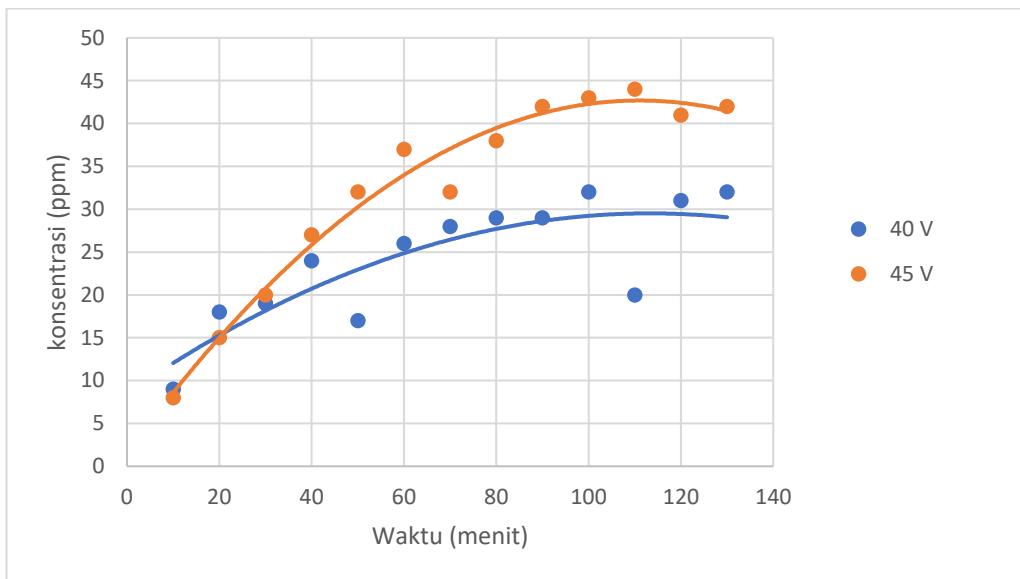
(a)



(b)

Gambar 12. Grafik hasil elektrolisis

Gambar 12(a) merupakan grafik hasil plot antara konsentrasi terhadap waktu pada tegangan 40 V DC, berdasarkan grafik tersebut diperoleh bahwa pada menit ke 100 sampai ke 130 didapati adanya plato dimana konsentrasi yang dihasilkan tidak bertambah. Gambar 12(b) merupakan grafik hasil plot antara konsentrasi terhadap waktu pada tegangan 45 V DC, berdasarkan grafik tersebut diperoleh bahwa pada menit ke 100 sampai ke 130 didapati adanya plato dimana konsentrasi yang dihasilkan tidak bertambah.



Gambar 13. grafik perbandingan hasil elektrolisis.

Dari Gambar 13 dapat diketahui bahwa pada tegangan 45 V menghasilkan konsentrasi nanopartikel perak ionik lebih banyak dibandingkan dengan tegangan 40 V dengan waktu yang sama, hal tersebut menunjukkan bahwa tegangan elektrolisis yang lebih besar dapat menghasilkan nanopartikel perak ionik lebih banyak dibandingkan dengan tegangan elektrolisis yang lebih kecil.

Pengaruh variasi waktu, di mana semakin lama waktu elektrolisis maka hasil dari konsentrasi nanopartikel perak ionik semakin banyak, namun tidak berlangsung secara linear tapi membentuk sebuah plato, seperti terlihat dalam Tabel 3 pada menit ke 100 sampai menit ke 130 konsentrasi yang dihasilkan cenderung tetap atau tidak bertambah, baik dengan tegangan 40 V maupun 45 V hasil nanopartikel perak ionik cenderung tetap. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal di antaranya saat proses elektrolisis terbentuk lapisan pada batang perak yang berwarna hitam sehingga menutupi batang perak, dan dapat

memungkinkan nanopartikel perak yang dihasilkan semakin sedikit, lapisan tersebut seperti terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Lapisan yang terbentuk dalam proses elektrolisis

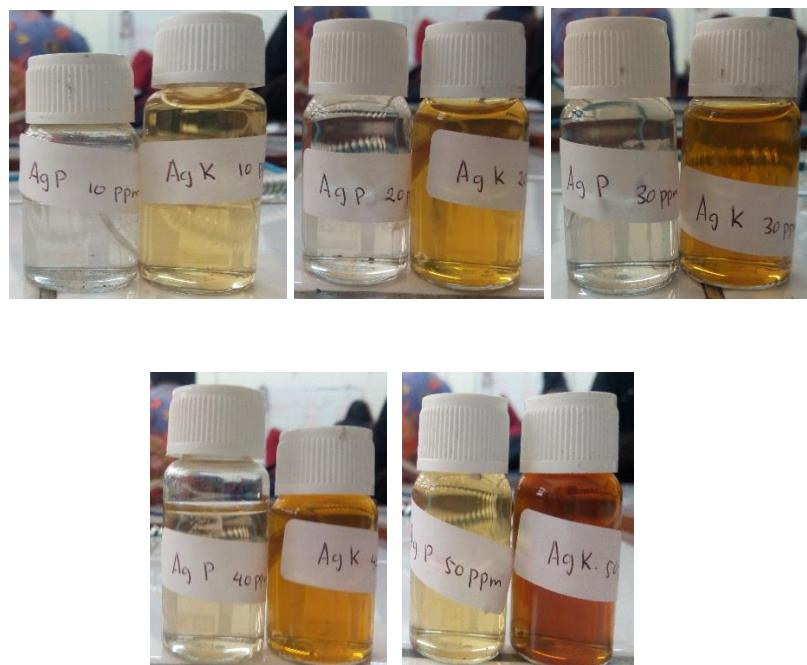
Hal lain adalah saat proses elektrolisis suhu pelarut naik sehingga mempengaruhi proses pembentukan nanopartikel perak ionik, dimana kemungkinan pelarut yang mengandung nanopartikel perak ionik menguap.

Nanopartikel perak ionik yang dihasilkan setelah dilakukan elektrolisis kemudian nanopartikel dipanaskan menggunakan magnetik stirrer sehingga molekul nanopartikel perak ionik bisa pecah menjadi partikel yang lebih kecil atau pelarut menguap sehingga nilai konsentrasi partikel bertambah. Pada penelitian ini 200 ml larutan nanopartikel perak ionik 42 ppm dipanaskan pada suhu 96°C hingga volume larutan menjadi 100 ml dan dihasilkan 65 ppm larutan nanopartikel perak ionik.

B. Nanopartikel Perak Ionik dan Koloid Perak Ionik

Pada penelitian ini, larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik kemudian diencerkan dengan variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik yang telah

divariasi konsentrasinya didapati perbedaan warna antara keduanya seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 15. Nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik konsentrasi 10-50 ppm.

Dari Gambar 15 dapat diamati bahwa nanopartikel perak ionik memiliki warna lebih bening dibandingkan dengan koloid perak ionik. nanopartikel perak ionik sendiri memiliki warna bening kekuningan, dimana semakin besar konsentrasi larutan nanopartikel perak ionik maka warna akan semakin kuning. Larutan koloid perak ionik diperoleh dari proses agregasi atau penggumpalan nanopartikel perak ionik. Proses agregasi terjadi karena adanya gerak acak atau gerak random partikel sehingga memungkinkan partikel saling bertumbukan dan menyebabkan gaya tarik van der waals sehingga partikel saling menempel satu sama lain dan terjadi agregasi. Dari gambar 15 dapat diamati larutan koloid perak ionik memiliki warna kuning kemerahan, berbeda dengan nanopartikel perak ionik yang berwarna bening kekuningan. Hal ini menunjukkan bahwa koloid perak ionik

memiliki ukuran yang lebih besar dibanding nanopartikel perak ionik. Pada koloid perak ionik semakin besar konsentrasi maka warna akan semakin kuning kemerahan.

C. Hasil Pengukuran Konduktivitas

1. Nanopartikel perak ionik

Nanopartikel perak ionik yang telah divariasi konsentrasinya kemudian diukur konduktivitasnya. Berikut adalah data konduktivitas setiap konsentrasi:

Tabel 4. Data konduktivitas nanopartikel ionik pada konsentrasi 10-50 ppm.

Nanopartikel perak ionik	
Konsentrasi (ppm) ±0,5	Konduktivitas (µS/cm) ±0,5
10,0	18,0
20,0	34,0
30,0	41,0
40,0	57,0
50,0	73,0

Dari data pada Tabel 4 dapat diketahui diketahui setiap kenaikan konsentrasi maka konduktivitasnya ikut naik. Data konduktivitas di atas menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang terbentuk bersifat ionik. Kenaikan konsentrasi nanopartikel perak ionik mempengaruhi nilai konduktivitasnya, dimana semakin besar konsentrasi nanopartikel perak ionik maka konduktivitas semakin besar.

2. Koloid perak ionik

Nanopartikel perak ionik yang telah divariasi konsentrasinya kemudian diukur konduktivitasnya. Berikut adalah data konduktivitas setiap konsentrasi:

Tabel 5. Data konduktivitas koloid ionik pada konsentrasi 10-50 ppm.

Koloid perak ionik	
Konsentrasi (ppm) $\pm 0,5$	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$) $\pm 0,5$
10,0	21,0
20,0	31,0
30,0	47,0
40,0	58,0
50,0	72,0

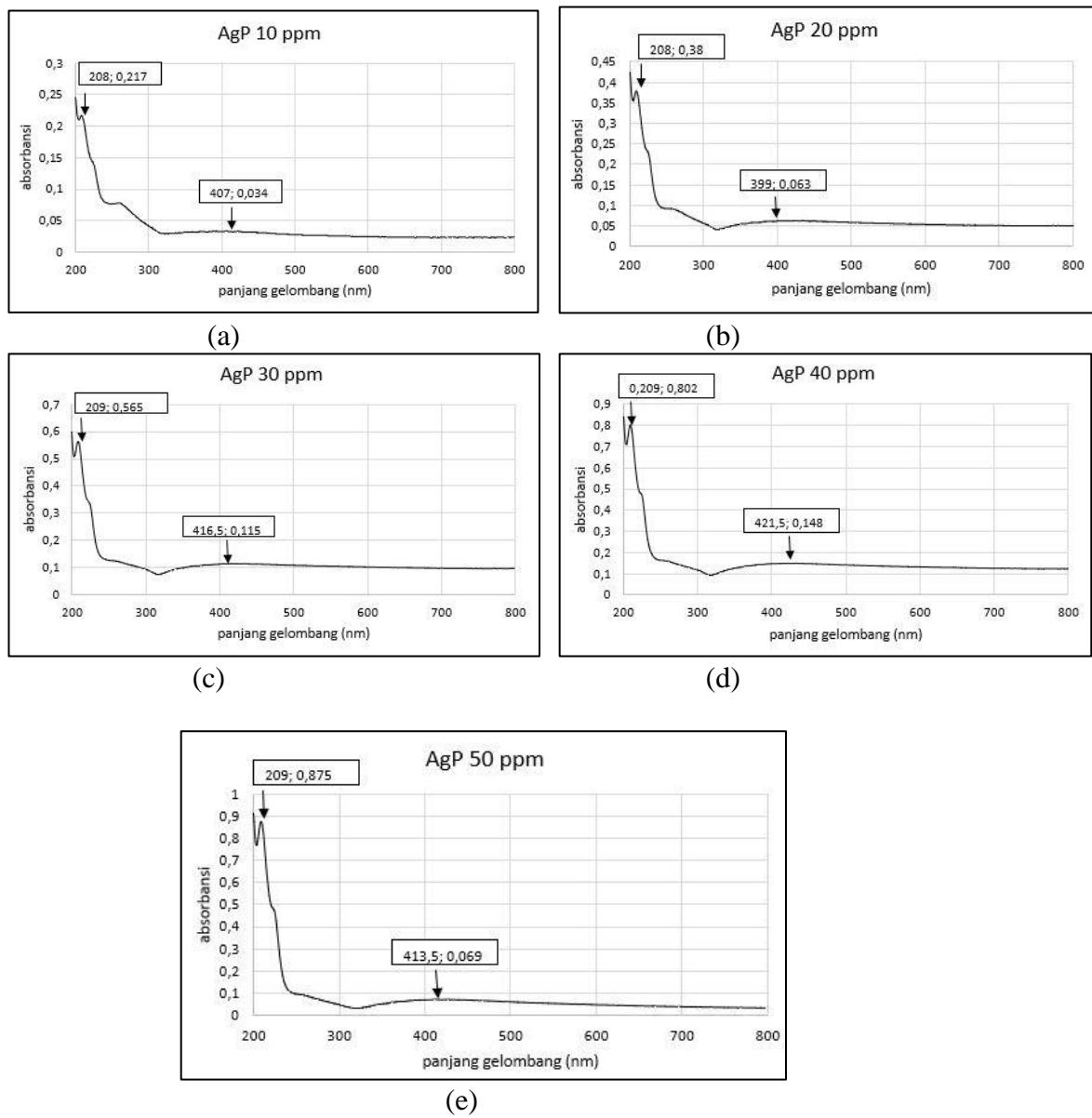
Dari data Tabel 5 diketahui setiap kenaikan konsentrasi maka konduktivitasnya ikut naik, dimana konduktivitas masih tetap ada walaupun terjadi agregasi, hal tersebut dikarenakan pada proses agregasi tidak terjadi penetralan muatan. Data konduktivitas di atas menunjukkan bahwa koloid perak yang terbentuk bersifat ionik. Kenaikan konsentrasi koloid perak ionik mempengaruhi nilai konduktivitasnya, dimana semakin besar konsentrasi koloid perak ionik maka konduktivitas semakin besar.

D. Hasil Pengujian Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis menunjukkan hubungan panjang gelombang dengan besarnya absorbansi larutan yang diuji. Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk menunjukkan ada tidaknya kandungan perak di dalamnya serta digunakan untuk menentukan ukuran partikelnya.

1. Nanopartikel perak ionik

Pada pengujian spektrofotometer UV-Vis nanopartikel perak ionik dengan variasi konsentrasi didapati hasil seperti terlihat pada gambar berikut



Gambar 16. Hasil spektrofotometer UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik, (a) konsentrasi 10 ppm, (b) konsentrasi 20 ppm, (c) konsentrasi 30 ppm, (d) konsentrasi 40 ppm, (e) konsentrasi 50 ppm.

Gambar 16(a) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 10 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi 0,034 pada panjang gelombang 407 nm dan puncak absorbansi 0,217 pada panjang gelombang 208 nm .

Gambar 16(b) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 20 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi 0,063 pada panjang gelombang 399 nm dan puncak absorbansi 0,38 pada panjang gelombang 208 nm.

Gambar 16(c) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 30 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi 0,115 pada panjang gelombang 416,5 nm dan puncak absorbansi 0,565 pada panjang gelombang 209 nm.

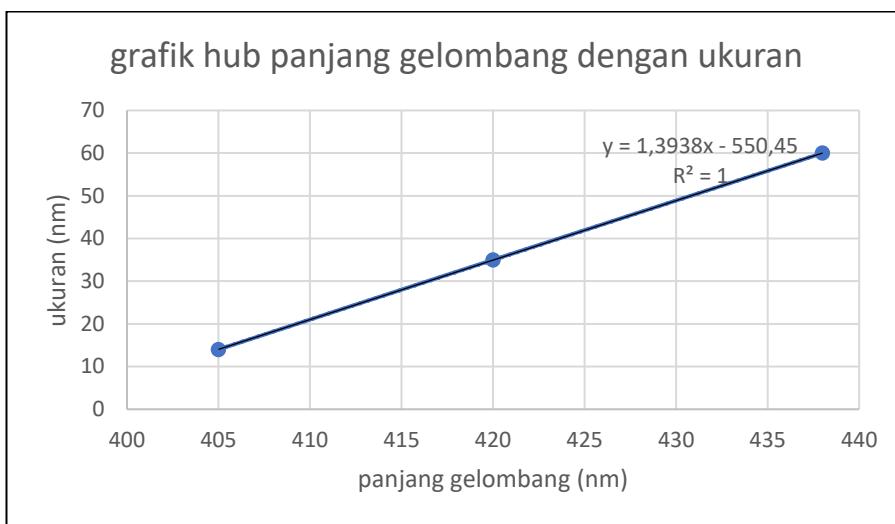
Gambar 16(d) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 40 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi 0,148 pada panjang gelombang 421,5 nm dan puncak absorbansi 0,802 pada panjang gelombang 209 nm.

Gambar 16(e) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 50 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi 0,069 pada panjang gelombang 413,5 nm dan puncak absorbansi 0,875 pada panjang gelombang 209 nm.

Hasil spektrofotometer UV-Vis pada Gambar 16 menunjukkan semakin besar konsentrasi larutan maka absorbansi cenderung semakin besar, dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa absorbansi bergantung pada konsentrasi larutan atau banyaknya jumlah partikel pada larutan. Hasil spektrofotometer UV-Vis pada larutan nanopartikel perak ionik menunjukkan dua puncak absorbansi puncak yang pertama berada pada rentang panjang gelombang 407- 421,5 nm, hal tersebut menunjukkan adanya kandungan Ag^+ dalam larutan sesuai dengan panjang

gelombang spektroskopi atom Ag pada literatur yaitu pada rentang 328- 466 nm (Paryati, 2016). Atom Ag sendiri memiliki nomor atom 47, sehingga atom Ag memiliki elektron valensi 1, dalam hal ini absorbansi seperti kita ketahui bergantung pada elektron non ikatan yang tereksitasi dimana semakin sedikit elektron yang tereksitasi maka energi yang dibutuhkan semakin kecil, energi tersebut bergantung pada panjang gelombang dimana energi berbanding terbalik dengan panjang gelombang, semakin kecil energi maka panjang gelombang yang dibutuhkan semakin besar. Puncak absorbansi yang kedua berada pada panjang gelombang 208 -209 yang menunjukkan panjang gelombang spektroskopi bromin atau Br⁻, dimana puncak serapan bromin berada pada panjang gelombang 206-214 (Suhartati, 2017). Atom Br sendiri memiliki nomor atom 35, sehingga atom Br memiliki elektron valensi 7, seperti diketahui semakin banyak elektron yang tereksitasi maka energi yang diperlukan semakin besar. Hasil uji UV-Vis terdapat dua puncak yang didapat, dikarenakan batang perak yang digunakan merupakan perak bromid atau AgBr.

Hasil uji spektrofotometer UV-Vis kemudian digunakan untuk penentuan ukuran partikel perak. Dengan menggunakan data dari penelitian yang telah dilakukan solomon pada 2007 tentang penentuan ukuran nanopartikel perak menggunakan panjang gelombang serapan pada pengujian UV-Vis seperti terlihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik hubungan panjang gelombang dengan ukuran partikel

Dari data pada Gambar 17, maka dapat dicari ukuran nanopartikel perak ionik pada penelitian ini. Berikut adalah hasil perhitungan ukuran nanopartikel perak ionik:

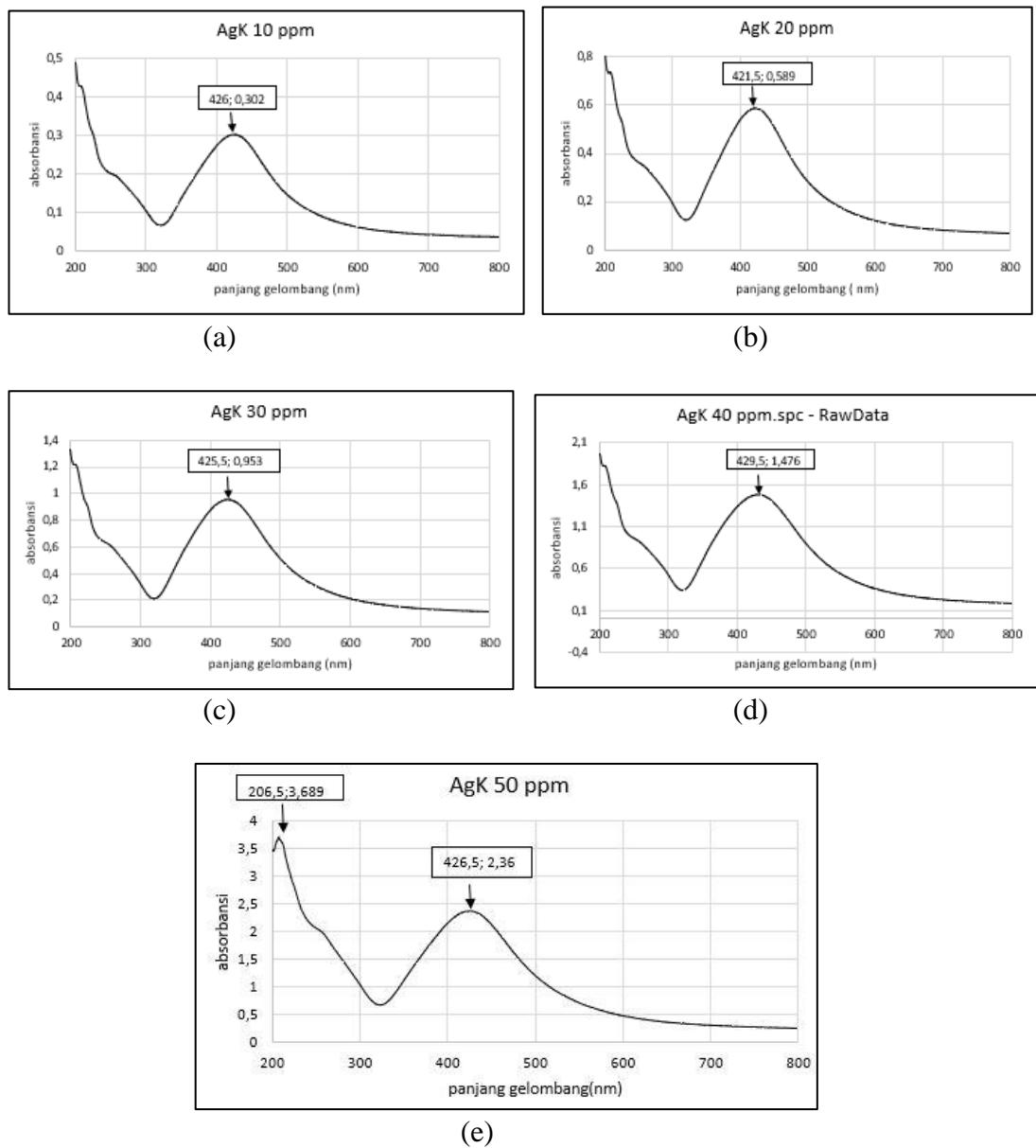
Tabel 6. Hasil perhitungan ukuran partikel nanopartikel perak ionik.

Konsentrasi (ppm)	Panjang gelombang (nm)	Ukuran (nm)
10	407	16,8 ±0,3
20	399	5,7 ±0,3
30	416,5	30,1 ±0,3
40	421,5	37,0 ±0,3
50	413,5	25,9 ±0,3

Dari Tabel 6, diketahui ukuran nanopartikel perak ionik berada pada rentang 5,7 – 37 nm, dengan ukuran terkecil pada konsentrasi 20 ppm dan ukuran terbesar pada 40 ppm.

2. Koloid Perak Ionik

Pada pengujian spektrofotometer UV-Vis Koloid perak ionik dengan variasi konsentrasi didapati hasil seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 18. Hasil spektrofotometer UV-Vis larutan koloid perak ionik, (a) konsentrasi 10 ppm, (b) konsentrasi 20 ppm, (c) konsentrasi 30 ppm, (d) konsentrasi 40 ppm, (e) konsentrasi 50 ppm.

Gambar 18(a) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan koloid perak ionik dengan konsentrasi 10 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi pada 0,302 pada panjang gelombang 426 nm.

Gambar 18(b) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan koloid perak ionik dengan konsentrasi 20 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi pada 0,859 pada panjang gelombang 421,5 nm.

Gambar 18(c) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan koloid perak ionik dengan konsentrasi 30 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi pada 0,953 pada panjang gelombang 425,5 nm.

Gambar 18(d) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan koloid perak ionik dengan konsentrasi 40 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi pada 1,476 pada panjang gelombang 429,5 nm.

Gambar 18(e) menunjukkan grafik hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis larutan koloid perak ionik dengan konsentrasi 50 ppm. Hasil tersebut menunjukkan puncak absorbansi pada 2,36 pada panjang gelombang 426,5 nm dan puncak absorbansi pada 3,689 pada panjang gelombang 206,5 nm.

Hasil spektrofotometer UV-Vis pada Gambar 18 menunjukkan semakin besar konsentrasi larutan maka absorbansi cenderung semakin besar, dari hal tersebut dapat diketahui bahwa absorbansi bergantung pada banyaknya jumlah partikel pada larutan. Hasil spektrofotometer UV-Vis pada larutan Koloid perak ionik untuk konsentrasi 10 ppm sampai 40 ppm didapatkan satu puncak yaitu pada rentang 421,5 nm sampai 429,5 dan pada 50 ppm terdapat dua puncak yaitu pada puncak pertama pada 426,5 puncak absorbansi tersebut menunjukkan adanya kandungan Ag^+ dalam larutan sesuai dengan panjang gelombang spektroskopi atom Ag pada literatur yaitu pada rentang 328- 466 nm (Paryati, 2016). Atom Ag sendiri memiliki nomor atom 47, sehingga atom Ag memiliki elektron valensi 1, dalam hal ini absorbansi seperti

kita ketahui bergantung pada elektron non ikatan yang tereksitasi dimana semakin sedikit elektron yang tereksitasi maka energi yang dibutuhkan semakin kecil, energi tersebut bergantung pada panjang gelombang dimana energi berbanding terbalik dengan panjang gelombang, semakin kecil energi maka panjang gelombang yang dibutuhkan semakin besar. Puncak absorbansi pada 50 ppm yang kedua berada pada panjang gelombang 206,5 nm yang menunjukkan panjang gelombang spektroskopi bromin atau Br⁻, dimana puncak serapan bromin berada pada panjang gelombang 206-214 nm (Suhartati, 2017). Atom Br sendiri memiliki nomor atom 35, sehingga atom Br memiliki elektron valensi 7, seperti diketahui semakin banyak elektron yang tereksitasi maka energi yang diperlukan semakin besar. Hasil uji spektrofotometer UV-Vis kemudian digunakan untuk penentuan ukuran partikel perak. Dengan menggunakan data dari penelitian yang telah dilakukan solomon pada 2007 seperti yang ditampilkan pada Gambar 17. Dari data tersebut maka dapat dicari ukuran koloid perak ionik pada penelitian ini. Berikut adalah hasil perhitungan ukuran koloid perak ionik:

Tabel 7. Hasil perhitungan ukuran partikel koloid perak ionik.

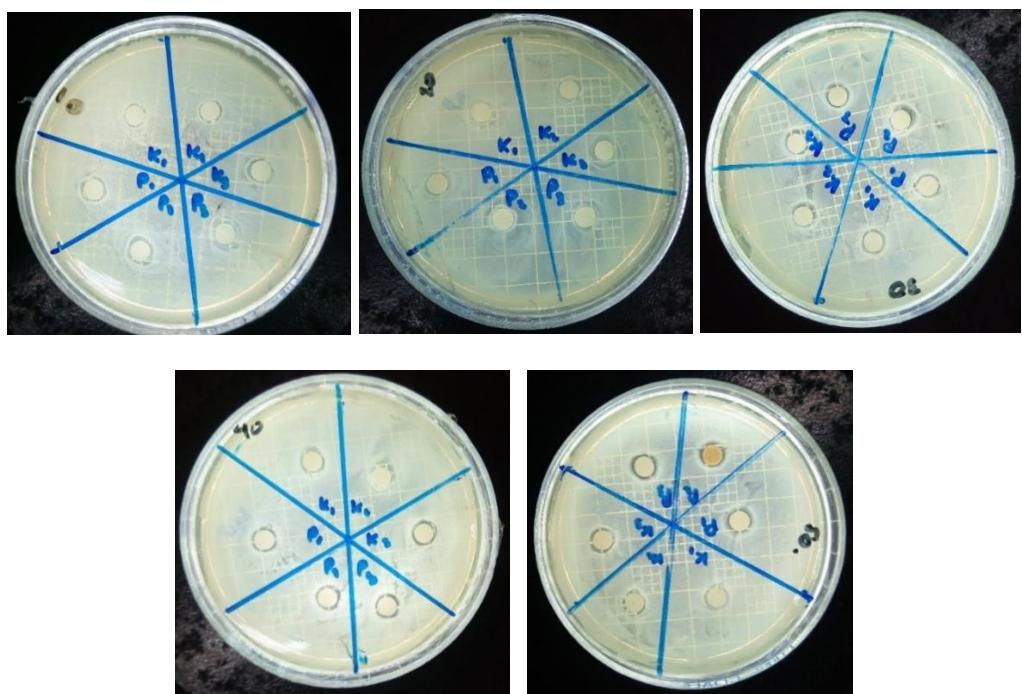
Konsentrasi (ppm)	Panjang gelombang (nm)	Ukuran (nm)
10	426	43,3 ±0,3
20	421,5	37,0 ±0,3
30	425,5	42,6 ±0,3
40	429,5	48,2 ±0,3
50	426,5	44,0 ±0,3

Dari data Tabel 7, diketahui ukuran nanopartikel perak ionik berada pada rentang 37 - 48,2 nm, dengan ukuran terkecil pada konsentrasi 20 ppm dan ukuran terbesar pada 40 ppm.

Ukuran pada hasil yang didapat menunjukkan bahwa koloid perak ionik memiliki ukuran yang lebih besar yaitu pada rentang 37-48,2 nm dibandingkan dengan nanopartikel perak ionik yang memiliki ukuran pada rentang 5,7- 37 nm. ukuran koloid yang lebih besar tersebut disebabkan karena adanya proses agregasi, akibat penyimpanan larutan sehingga partikel dalam larutan saling bertumbukan dan berikatan karena adanya gaya van der waals.

E. Hasil pengujian penghambatan pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus*.

Pengujian penghambatan pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus* dilakukan pada nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik dengan variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm, dengan selama 60 jam dengan rentang waktu pengukuran setiap 12 jam. Berikut adalah gambar zona hambat yang terbentuk:



Keterangan: P= nanopartikel perak ionik

K= koloid perak ionik

Gambar 19. Hasil penghambatan bakteri

1. Nanopartikel perak ionik

Hasil pengukuran zona hambat nanopartikel perak ionik terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus* adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil pengukuran zona hambat nanopartikel perak ionik.

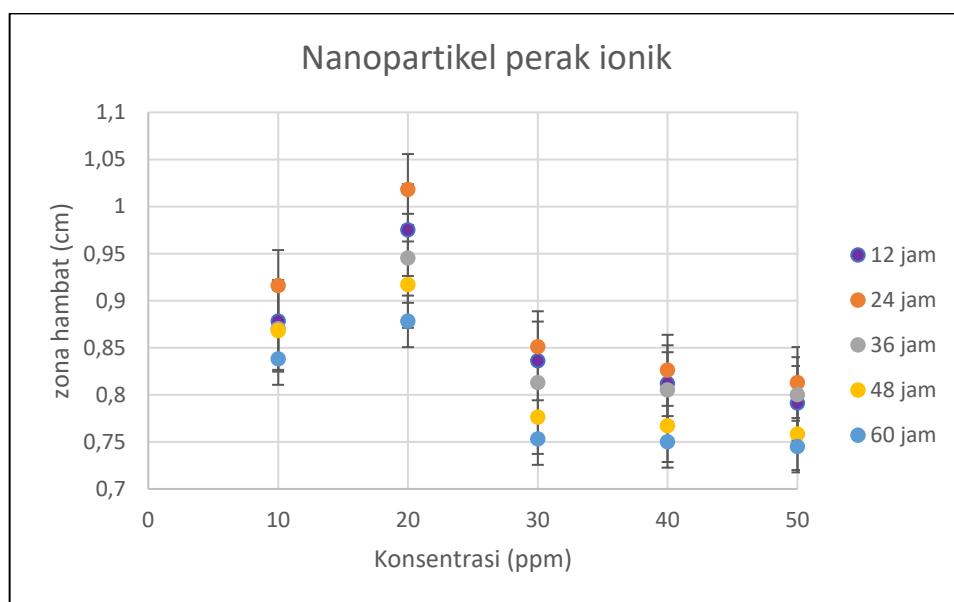
Nanopartikel Perak Ionik	12 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,878 ±0,065
20,0 ±0,5	0,975 ±0,083
30,0 ±0,5	0,836 ±0,032
40,0 ±0,5	0,812 ±0,029
50,0 ±0,5	0,791 ±0,027

Nanopartikel Perak Ionik	24 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,916 ±0,081
20,0 ±0,5	1,018 ±0,050
30,0 ±0,5	0,851 ±0,045
40,0 ±0,5	0,826 ±0,038
50,0 ±0,5	0,813 ±0,045

Nanopartikel Perak Ionik	36 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,870 ±0,069
20,0 ±0,5	0,945 ±0,042
30,0 ±0,5	0,813 ±0,036
40,0 ±0,5	0,805 ±0,035
50,0 ±0,5	0,800 ±0,040

Nanopartikel Perak Ionik	48 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,868 ±0,080
20,0 ±0,5	0,917 ±0,057
30,0 ±0,5	0,776 ±0,020
40,0 ±0,5	0,767 ±0,029
50,0 ±0,5	0,758 ±0,046

Nanopartikel Perak Ionik	60 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,838 ±0,076
20,0 ±0,5	0,878 ±0,060
30,0 ±0,5	0,753 ±0,035
40,0 ±0,5	0,750 ±0,034
50,0 ±0,5	0,745 ±0,040



Gambar 20. Hasil zona hambat nanopartikel perak ionik

Dari data pada Tabel 8 dan Gambar 20, didapati hasil pada 12 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 0,975 cm pada konsentrasi 20 ppm,

sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,791 cm pada konsentrasi 50 ppm.

Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Pada 24 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 1,018 cm pada konsentrasi 20 ppm, sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,830 cm pada konsentrasi 50 ppm. Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Pada 36 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 0,945 cm pada konsentrasi 20 ppm, sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,800 cm pada konsentrasi 50 ppm. Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Pada 48 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 0,917 cm pada konsentrasi 20 ppm, sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,758 cm pada konsentrasi 50 ppm. Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Pada 60 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 0,878 cm pada konsentrasi 20 ppm, sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,745 cm pada konsentrasi 50 ppm. Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Dari hasil penelitian tersebut diketahui pada waktu 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, dan 60 jam zona hambat terbesar yang terbentuk pada 20 ppm. Hal tersebut dikarenakan pada konsentrasi 20 ppm berdasarkan perhitungan ukuran partikel memiliki ukuran partikel terkecil, dimana ukuran partikel yang kecil memudahkan

partikel untuk masuk kedalam bakteri sehingga partikel yang masuk lebih banyak dan mampu menganggu metabolisme bakteri lebih efektif.

Waktu yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus* yaitu pada 24 jam dimana pada 12 jam ke 24 jam zona hambat yang terbentuk naik sedangkan setelah 24 jam zona hambat menurun. Hal tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh jenis pelarut, suhu, serta kelembapan, seperti kita ketahui pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, dan aquades sendiri dapat menguap dengan sendirinya dalam suhu ruang. Jadi zona hambat optimal terjadi pada 24 jam dikarenakan hal tersebut.

2. Koloid Perak Ionik

Hasil pengukuran zona hambat nanopartikel perak ionik terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus* adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil pengukuran zona hambat koloid perak ionik.

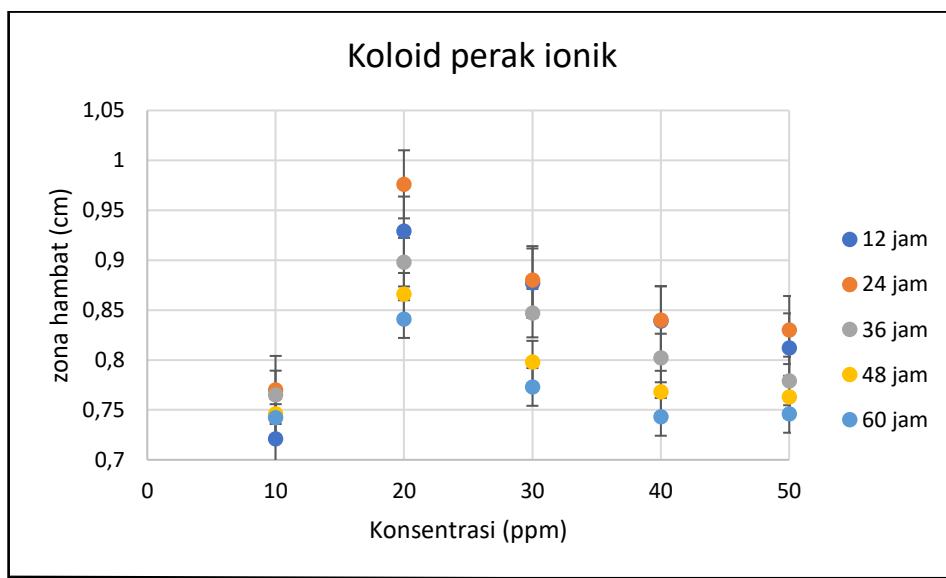
Koloid Perak Ionik	12 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,721 ±0,071
20,0 ±0,5	0,929 ±0,070
30,0 ±0,5	0,877 ±0,043
40,0 ±0,5	0,839 ±0,059
50,0 ±0,5	0,812 ±0,047

Koloid Perak Ionik	24 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,770 ±0,041
20,0 ±0,5	0,976 ±0,092
30,0 ±0,5	0,880 ±0,018
40,0 ±0,5	0,840 ±0,095
50,0 ±0,5	0,830 ±0,033

Koloid Perak Ionik	36 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,765 ±0,032
20,0 ±0,5	0,898 ±0,050
30,0 ±0,5	0,847 ±0,035
40,0 ±0,5	0,802 ±0,071
50,0 ±0,5	0,779 ±0,030

Koloid Perak Ionik	48 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,746 ±0,041
20,0 ±0,5	0,866 ±0,067
30,0 ±0,5	0,798 ±0,032
40,0 ±0,5	0,768 ±0,072
50,0 ±0,5	0,763 ±0,038

Koloid Perak Ionik	60 jam
Konsentrasi (ppm)	Zona Hambat (cm)
10,0 ±0,5	0,742 ±0,045
20,0 ±0,5	0,841 ±0,067
30,0 ±0,5	0,773 ±0,028
40,0 ±0,5	0,743 ±0,054
50,0 ±0,5	0,746 ±0,028



Gambar 21. Hasil zona hambat koloid perak ionik.

Dari data pada Tabel 9 dan Gambar 21, didapati hasil pada 12 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 0,929 cm pada konsentrasi 20 ppm, sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,812 cm pada konsentrasi 50 ppm. Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Pada 24 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 0,976 cm pada konsentrasi 20 ppm, sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,830 cm pada konsentrasi 50 ppm. Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Pada 36 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 0,898 cm pada konsentrasi 20 ppm, sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,779 cm pada konsentrasi 50 ppm. Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Pada 48 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 0,866 cm pada konsentrasi 20 ppm, sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,763 cm pada

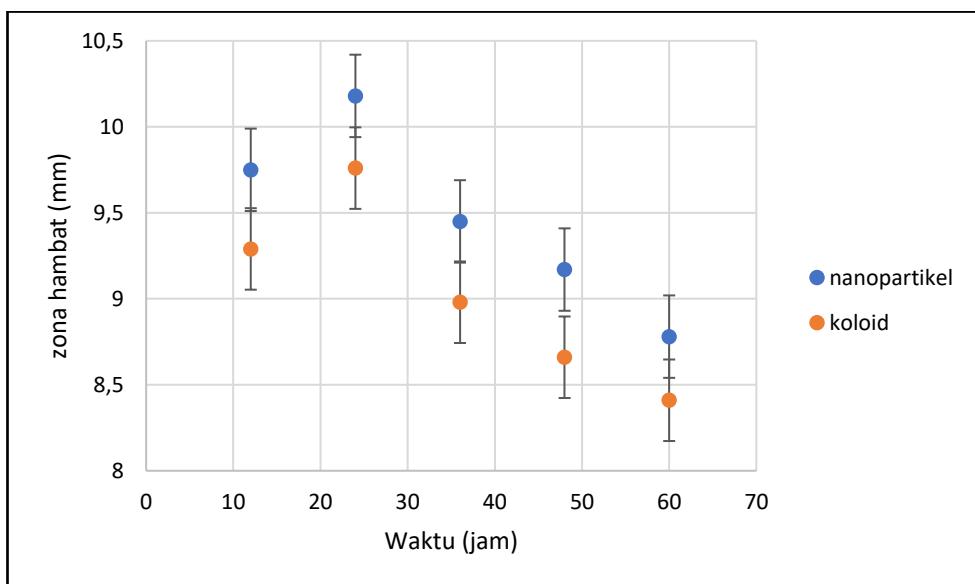
konsentrasi 50 ppm. Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Pada 60 jam hasil yang didapat zona hambat terbesar yaitu 0,841 cm pada konsentrasi 20 ppm, sedangkan untuk zona hambat terkecil yaitu 0,746 cm pada konsentrasi 50 ppm. Menurut klasifikasi elgayar hasil tersebut menunjukkan zona respon sedang.

Dari hasil penelitian tersebut diketahui pada waktu 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, dan 60 jam zona hambat terbesar yang terbentuk pada 20 ppm. Hal tersebut dikarenakan pada konsentrasi 20 ppm berdasarkan perhitungan ukuran partikel memiliki ukuran partikel terkecil, dimana ukuran partikel yang kecil memudahkan partikel untuk masuk kedalam bakteri sehingga partikel yang masuk lebih banyak dan mampu menganggu metabolisme bakteri lebih efektif.

Waktu yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus* yaitu pada 24 jam dimana pada 12 jam ke 24 jam zona hambat yang terbentuk naik sedangkan setelah 24 jam zona hambat menurun. Hal tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh jenis pelarut, suhu, serta kelembapan, seperti kita ketahui pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, dan aquades sendiri dapat menguap dengan sendirinya dalam suhu ruang. Jadi zona hambat optimal terjadi pada 24 jam dikarenakan hal tersebut.

Hasil zona hambat optimal nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik menunjukkan hasil sebagai berikut:



Gambar 22 .Perbandingan zona hambat nanopartikel perak ionik dengan koloid perak ionik

Dari Gambar 22 diketahui data zona hambat menunjukkan bahwa nanopartikel perak ionik menghasilkan zona hambat yang lebih besar dibandingkan koloid perak ionik. seperti diketahui bahwa koloid perak ionik memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan nanopartikel perak ionik. hal tersebut kembali membuktikan bahwa ukuran partikel mempengaruhi zona hambat pertumbuhan bakteri *Bacillus Cereus* dimana semakin kecil ukuran partikel maka kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri semakin besar.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh tegangan elektrolisis terhadap konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan menunjukkan semakin besar tegangan maka konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan semakin banyak, dan pengaruh waktu elektrolisis menunjukkan semakin lama waktu elektrolisis maka konsentrasi nanopartikel perak ionik yang dihasilkan semakin banyak, namun pada waktu 100 menit sampai 130 menit menunjukkan plato dimana konsentrasi yang dihasilkan cenderung tetap.
2. Dari hasil pengukuran menggunakan TDS menunjukkan larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik memiliki muatan, dimana semakin besar konsentrasi, nilai konduktivitas semakin besar, hasil uji spektrofotometer UV-Vis menunjukkan adanya kandungan perak (Ag^+) serta bromin (Br^-) dalam larutan nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik.
3. Pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik terhadap zona hambat pertumbuhan bakteri *bacillus cereus* menunjukkan adanya peningkatan zona hambat kemudian penurunan, dimana untuk nanopartikel perak ionik memiliki zona hambat maksimal pada 20 ppm dengan waktu 24 jam dengan nilai zona hambat $1,018 \pm 0,050$ cm , dan untuk koloid perak memiliki zona hambat maksimal pada 20 ppm dengan waktu 24 jam dengan nilai zona hambat $0,976 \pm 0,092$ cm.

B. Saran

Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Pengembangan penelitian dengan menggunakan elektrolisis dapat lebih diperdalam.
2. Rentang waktu pengambilan data zona hambat lebih diperkecil.
3. Rentang variasi konsentrasi nanopartikel perak ionik dan koloid perak ionik diperkecil dan variasi konsentrasi lebih diperbanyak atau diperbesar.
4. Untuk penelitian selanjutnya disarankan dalam pembuatan koloid perak ionik waktu agregasi lebih diperlama sehingga ukuran partikel menjadi lebih besar dan dapat diketahui seberapa lama koloid perak dapat digunakan sebagai antibakteri.
5. Untuk objek penelitian bakteri lebih dikembangkan untuk lebih banyak bakteri yang diuji.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriandanu, D.O.B., Wahyuni, S., Hadisaputro, S., Harjono. 2013. *Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Metode Poliol Dengan Agen Stabilisator Polivinil Alkohol (PVA)*. Semarang: Jurnal MIPA Universitas Negeri Semarang.
- Atisah, Nur., & Nurfajriani, ST. 2016. *Makalah Kimia Permukaan dan Koloid Elektrostatik dan Stabilitas Koloid pada Induksi Polimer*. Makasar: Universitas Hasanudin.
- Aziz, Abdul. 2015. *Pengaruh pH dan Tegangan Listrik dalam Elektrolisis Limbah Padat Baja (Slag Eaf) Sebagai Upaya Mereduksi Kandungan Logam Fe pada Limbah Padat Industri Galvanis*. Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Azizah, A.N, & Kusumaningsih, D.A. 2016. *Laporan Penelitian Proses Pembuatan Kerajinan Perak HS Silver Kota Gede Yogyakarta*. Salatiga: SMA N 1 Salatiga.
- Bauer, A.W., Kirby, W.M.M., Sherris, J.C., Truck, M. 1966. *Antibiotic Susceptibility Testing by a Standardised Single Disc Method*. AM J Clin Pathol.
- Bassett, J., dkk. 1994. *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- Cahyani, H., Harmadi, Wildian. 2016. *Pengembangan Alat Ukur Total Dissolved Solid (TDS) Berbasis Mikrokontroler Dengan Beberapa Variasi Bentuk Sensor Konduktivitas*. Jurnal Fisika Unand.
- Dewandaru, W.S.B. 2012. *Aplikasi Nanosains dalam Bidang Kehidupan: Nanoteknologi*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Elgayyar, M., Draughon, F.A., Golden, D.A., Mount, J.R. 2000. *Antimicrobial Activity of Essential Oils from Plants Against Selected Pathogenic and Saprophytic Microorganisms*. Jurnal of Food Protection.
- Franklin, T. & Snow, G.A. 1989. *Biochemistry of Antimicrobial Action*. London: Chapman & Hall.
- Guzman, M.G., Jean D., dan Stephan G. 2009. *Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity*. International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering 2:3.
- Harahap, M.R. 2016. *Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi*. Banda Aceh: UIN Ar-Raniry.
- Harahap, Yosmarina. 2012. *Preparasi dan Karakterisasi nanoprtikel kitosan dengan variasi asam*. Depok: Universitas Indonesia.

- Haryono, A., Sondari, D., Harmami, S.B., Randy, M. 2008. *Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya*. Jurnal Riset Industri.
- Hosokawa M., Nogi K., Naito M, Yokozawa T. 2007. *Nanoparticles technology handbook*. Amsterdam: Elsevier.
- Ikka, Atonis. 2014. *Makalah Nanoteknologi*. Diakses dari www.blogterbaru22.blogspot.com pada 22 Agustus 2018.
- Jawetz, Ernest, Melnick, J.L., Adelberg, E.A. 2001. *Mikrobiologi Kedokteran. Edisi bahas Indonesia*. Jakarta: Salemba Medika.
- Khalil, Munawar. *Preparasi Sampel Nanopartikel Koloid Untuk Karakterisasi Dengan Menggunakan TEM*. Depok: Universitas Indonesia.
- Khaydarov, R.R. 2009. *Antimicrobial effect of silver nanoparticle synthesized by electrochemical method*. Jurnal of springer science.
- Lung E, Friedman SL, McQuaid KR, Grendell JH. 2003. *Current Diagnosis and Treatment in Gastroenterology*. 2nd ed. New York: Lange Medical Books.
- Lanovia, Cindy. 2015. *Analisis TS, TDS, dan TSS*. Tangerang: Surya University.
- Montazer, M., Hajimirzababa H, Rahimi MK, Alibakhshi S. 2012. *Durable Antibacterial Nylon Carpet Using Colloidal Nano Silver*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. Vol. 20.
- Naryaningsih, Agustien. 2005. *Keefektifan Bacillus cereus (Frankland and Frankland) ATCC 11778 (Bakteri Gram positif) dan Pseudomonas aeruginosa (Shhroeter) ATCC 27853 (Bakteri Gram Negatif) Sebagai Bioakumulator Kadmium*”(Tesis). Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nursyamsi, Muhammad Zakir, Seniwati Dali. *Pemanfaatan Fraksi Etil Asetat Daun Ketapang (Terminalia catappa) Sebagai Bioreduktor Dalam Sintesis Nanopartikel Perak dan Analisis Sifat Antibakterinya*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Paryati. 2016. *Pengaruh Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak Terhadap Porositas dan Kuat Tekan Batu Bata Ringan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Pavia, D.L., dkk. 2009. *Introduction to Spectroscopy, A Guide for Students of Organic Chemistry*, 2nd Ed. Cengange Learning.
- Pelczar, M.J. & Chan, E.C.S. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Terjemahan UI Press.

- Pratiwi, S.T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta: Erlangga.
- Ristian, Ina. 2013. *Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat ($AgNO_3$) Terhadap Ukuran Nanopartikel Perak*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Riyanto. 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sastrohamidjojo, Harjono. 2013. *Dasar-Dasar Spektroskopi*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sentra Informasi Keracunan Nasional, Badan *POM RI*. Keracunan pangan akibat bakteri patogen.
- Suharni, Theresia dkk. (2008). *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- Suhartati, Tati. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometer UV-Vis dan Spektrometrimassa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Bandar Lampung: Aura.
- Supardi, Imam. & Sukamto. 1999. *Mikrobiologi dalam pengolahan dan keamanan pangan*. Bandung: Alumni.
- Suparno. 2012. *Dinamika Pertikel Koloid*. Yogyakarta: UNY Press.
- Solomon, S.D., Bahadory, M., Jeyarajasingam, A.V., Rutkowsky, S.A., & Boritz,C. 2007. *Synthesis and Study of Silver Nanoparticles*. Jurnal of Chemical Education Drexel University.
- Talaro, K.P. 2008. *Foundation in Microbiology: Basic Principles, Sixth Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Thirumalini, S., Joseph, Kurian. 2008. *Corelation Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solid in Natural Water*. Malaysian Jurnal of Science.
- Wahyudi, T., Sugiyana, D., Helmy, Q. 2011. *Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya Terhadap Bakteri E.Coli dan S.Aureus*. Bandung: Balai Besar Textil.
- Wahyunanti, Dwi. 2015. *Kegunaan Elektrolisis dalam Kehidupan Sehari-hari*. Diakses dari www.ruangkimia.com pada 15 juli 2018.
- Zein, Umar, Sagala, K.H., Ginting, Josia.2004. *Diare akut disebabkan bakteri*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses pengambilan data.

Pembuatan larutan nanopartikel perak



Pengukuran menggunakan TDS

Proses peremajaan bakteri

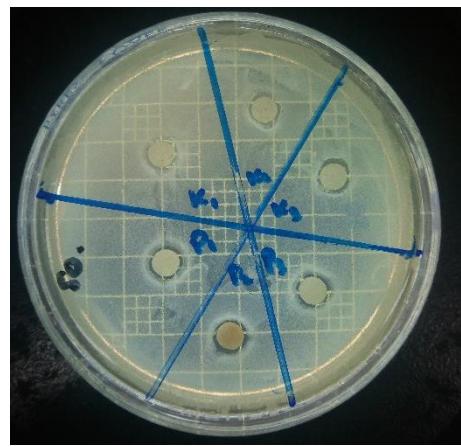
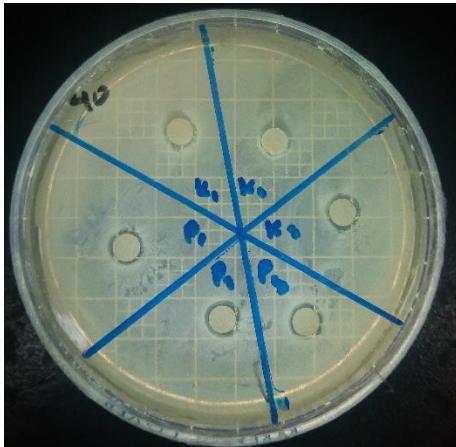
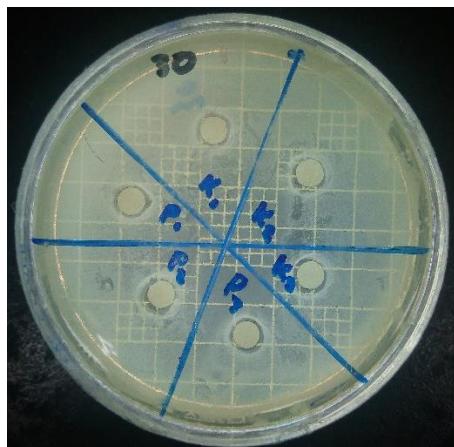
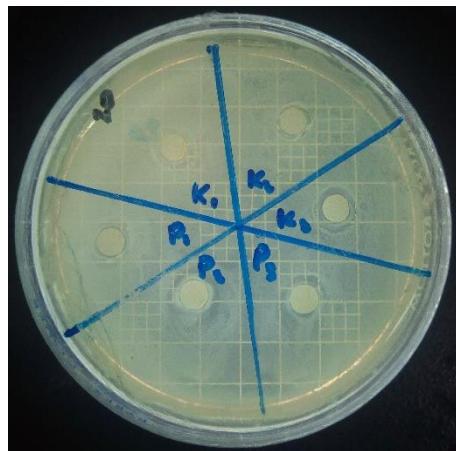
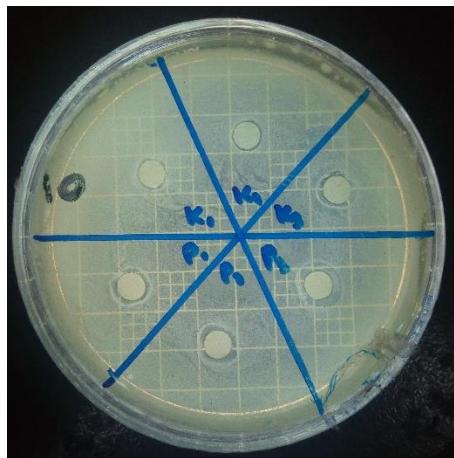


Pengujian antibakteri

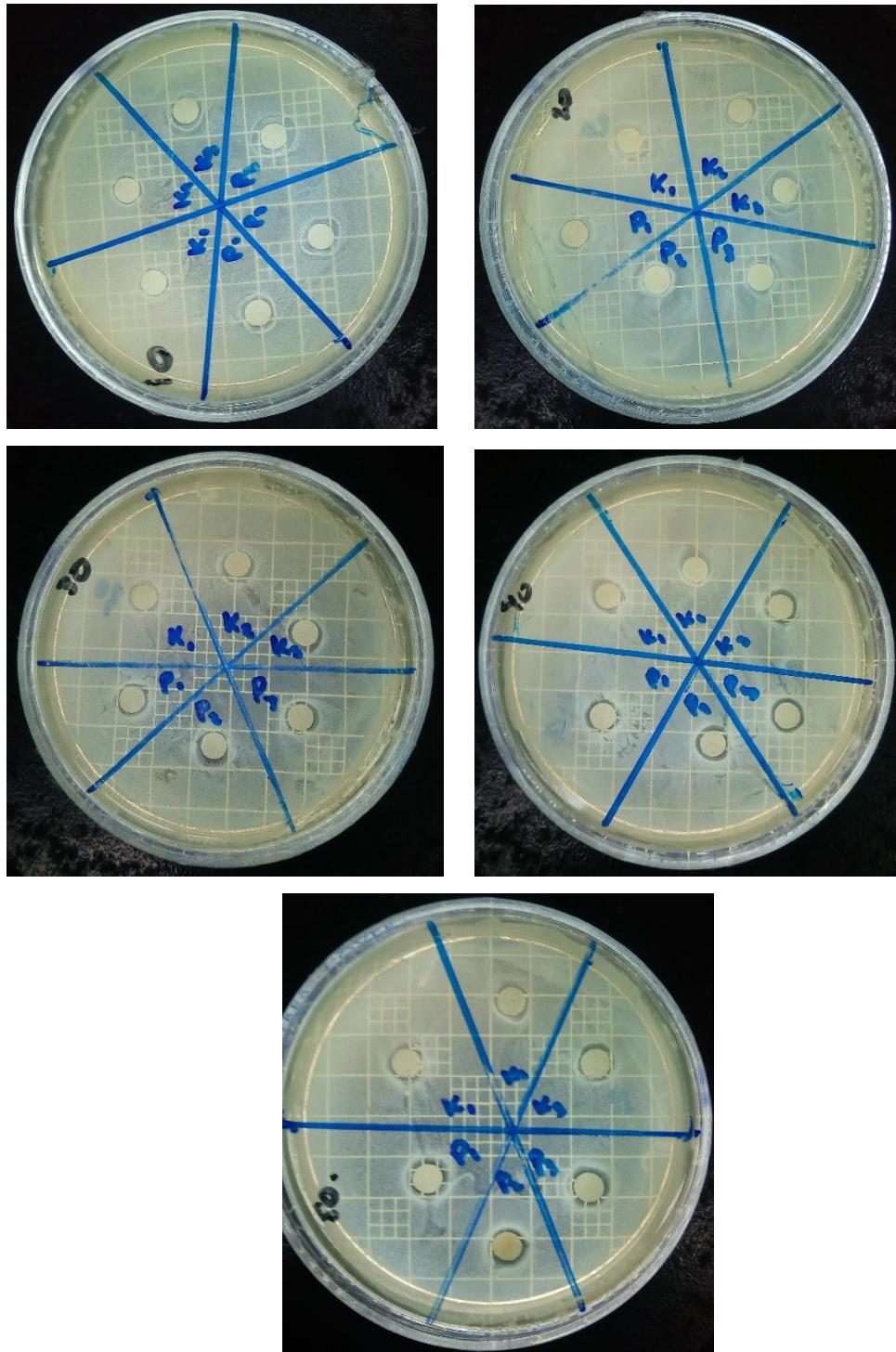


Lampiran 2. Hasil zona hambat

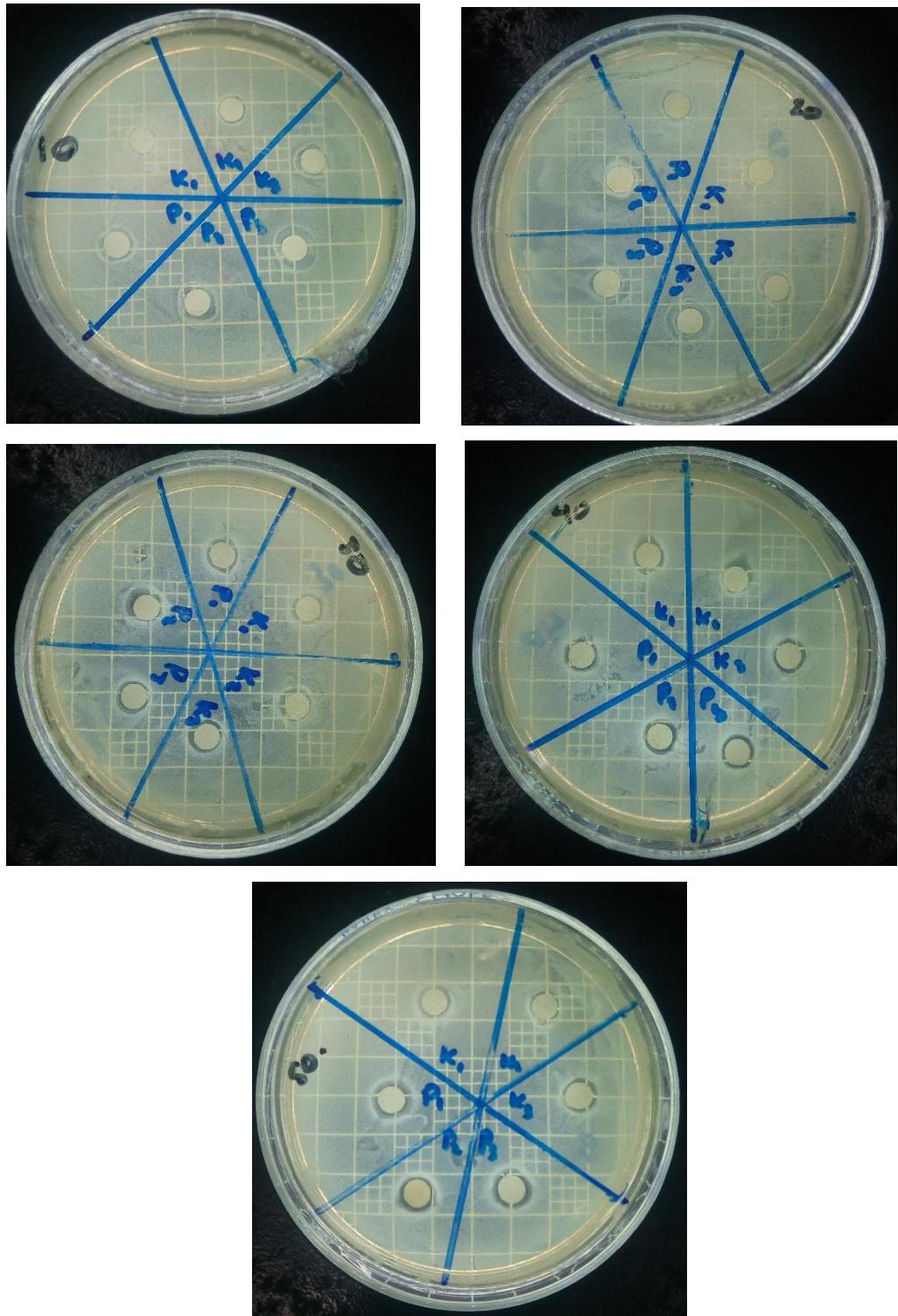
12 jam



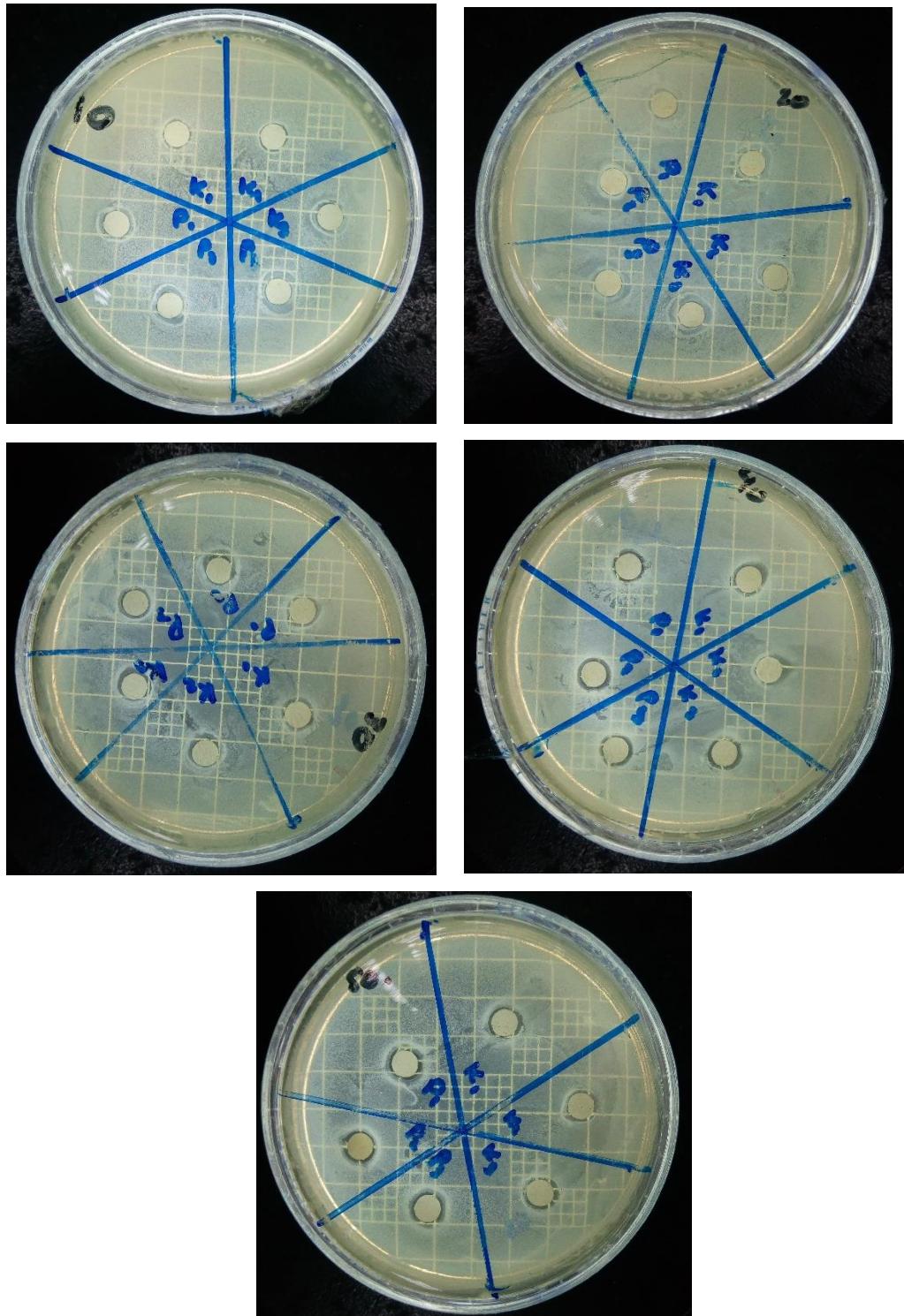
24 jam



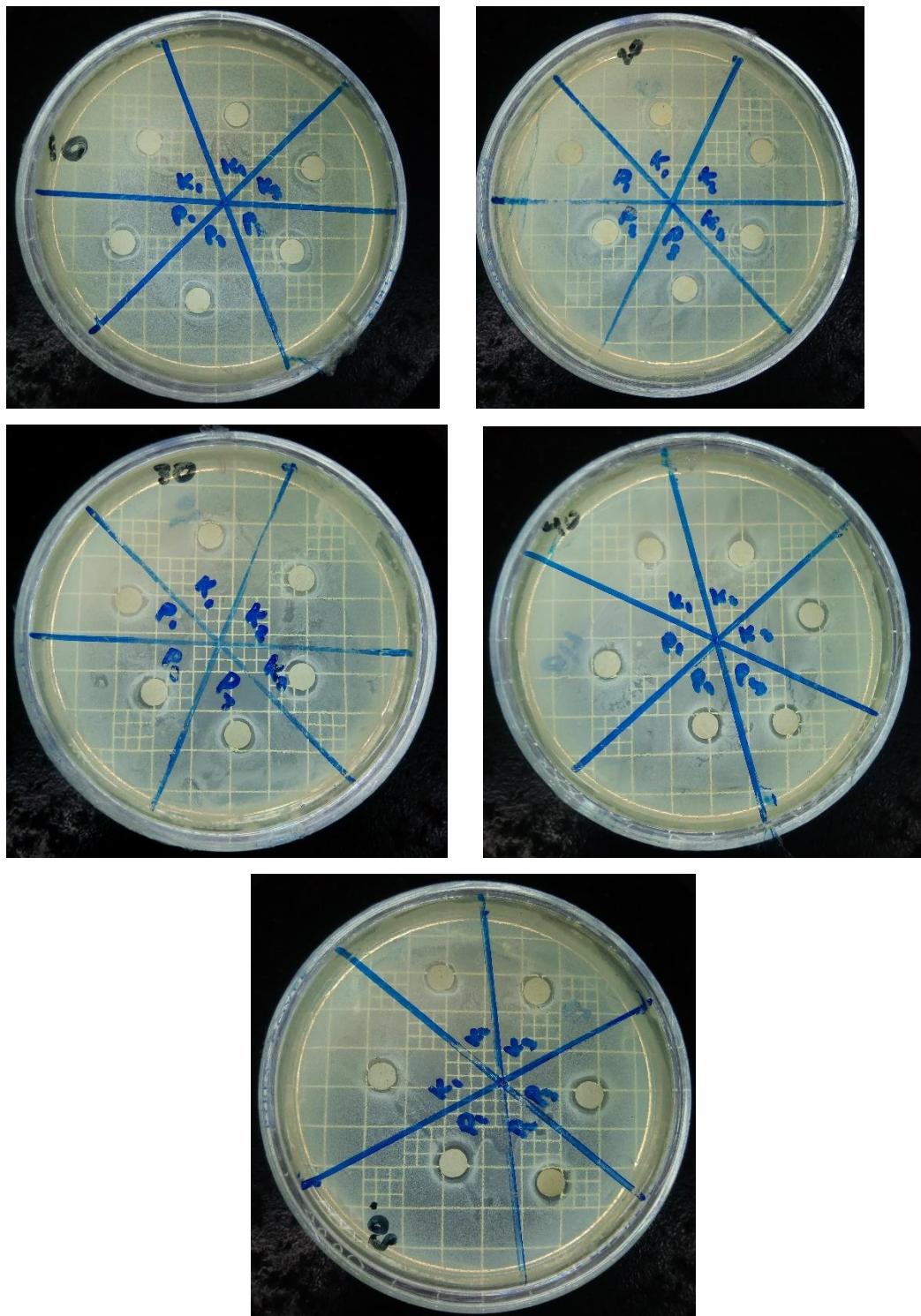
36 jam



48 jam



60 jam



Lampiran 3. Data pengukuran Zona Hambat

12 jam						
10ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,72	0,6	0,755	0,7	0,694	0,721
K2	0,7	0,62	0,655	0,7	0,669	
K3	0,9	0,705	0,89	0,71	0,801	
P1	0,875	0,81	0,725	0,76	0,793	0,878
P2	0,91	0,85	0,8	0,855	0,854	
P3	1,1	0,9	0,96	0,99	0,988	
20ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	1	1,05	0,92	0,975	0,986	0,929
K2	0,9	0,7	0,805	0,8	0,801	
K3	1,1	1	0,975	0,925	1,000	
P1	0,89	1,1	0,925	0,9	0,954	0,975
P2	1,02	1,05	0,915	0,99	0,994	
P3	1,06	0,88	1,05	0,915	0,976	
30ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,86	0,88	0,83	0,825	0,849	0,877
K2	0,825	0,925	0,86	0,9	0,878	
K3	0,825	0,9	0,93	0,965	0,905	
P1	0,8	0,8	0,85	0,775	0,806	0,836
P2	0,91	0,915	0,865	0,85	0,885	
P3	0,825	0,82	0,775	0,85	0,818	
40ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,925	0,805	0,775	0,905	0,853	0,839
K2	0,9	0,775	0,8	0,765	0,810	
K3	0,865	0,9	0,8	0,85	0,854	
P1	0,85	0,8	0,8	0,8	0,813	0,812
P2	0,84	0,83	0,78	0,8	0,813	
P3	0,8	0,79	0,86	0,79	0,810	
50ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,8	0,85	0,805	0,75	0,801	0,812
K2	0,87	0,79	0,75	0,9	0,828	
K3	0,82	0,8	0,77	0,84	0,808	
P1	0,77	0,775	0,8	0,725	0,768	0,791
P2	0,8	0,77	0,8	0,825	0,799	
P3	0,775	0,84	0,815	0,8	0,808	

24 jam						
10ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,755	0,66	0,735	0,765	0,729	0,770
K2	0,745	0,725	0,77	0,745	0,746	
K3	0,91	0,81	0,775	0,845	0,835	
P1	0,9	0,925	0,9	0,725	0,863	0,916
P2	0,945	0,85	0,91	0,95	0,914	
P3	1,1	0,94	1	0,85	0,973	
20ppm	1	2	3	4		
K1	1,25	1,1	0,96	0,915	1,056	0,976
K2	0,9	0,73	0,875	0,825	0,833	
K3	1,1	1	1,06	1	1,040	
P1	0,9	0,925	0,83	0,96	0,904	1,018
P2	1,1	1,15	1,12	1,09	1,115	
P3	1,1	0,94	1,05	1,05	1,035	
30ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,875	0,835	0,875	0,84	0,856	0,880
K2	0,92	0,89	0,875	0,9	0,896	
K3	0,9	0,9	0,875	0,875	0,888	
P1	0,8	0,9	0,825	0,85	0,844	0,851
P2	0,82	0,83	0,89	0,925	0,866	
P3	0,82	0,9	0,8	0,85	0,843	
40ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,85	0,825	0,875	0,75	0,825	0,840
K2	1,1	0,735	0,725	0,875	0,859	
K3	0,88	0,875	0,83	0,76	0,836	
P1	0,9	0,85	0,83	0,825	0,851	0,826
P2	0,85	0,775	0,77	0,87	0,816	
P3	0,84	0,775	0,825	0,8	0,810	
50ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata
K1	0,86	0,83	0,825	0,8	0,829	0,830
K2	0,8	0,85	0,855	0,8	0,826	
K3	0,775	0,86	0,87	0,835	0,835	
P1	0,85	0,875	0,8	0,76	0,821	0,813
P2	0,84	0,775	0,775	0,71	0,775	
P3	0,875	0,85	0,85	0,8	0,844	

36 jam						
10ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,71	0,75	0,695	0,72	0,719	0,765
K2	0,75	0,725	0,74	0,7	0,729	
K3	0,89	0,85	0,775	0,87	0,846	
P1	0,855	0,855	0,7	0,775	0,796	0,870
P2	0,85	0,925	0,8	0,83	0,851	
P3	1,07	0,88	0,975	0,93	0,964	
20ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,9	0,925	0,965	1	0,948	0,898
K2	0,8	0,725	0,8	0,825	0,788	
K3	1,05	0,93	0,95	0,91	0,960	
P1	0,825	0,83	0,925	0,775	0,839	0,945
P2	1,04	1,03	1,075	1,025	1,043	
P3	0,96	0,95	1	0,9	0,953	
30ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,8	0,86	0,84	0,77	0,818	0,847
K2	0,85	0,8	0,89	0,89	0,858	
K3	0,9	0,86	0,85	0,855	0,866	
P1	0,8	0,825	0,8	0,795	0,805	0,813
P2	0,82	0,89	0,79	0,73	0,808	
P3	0,805	0,85	0,855	0,8	0,828	
40ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,95	0,715	0,8	0,75	0,804	0,802
K2	0,8	0,9	0,7	0,75	0,788	
K3	0,78	0,815	0,83	0,83	0,814	
P1	0,825	0,755	0,86	0,735	0,794	0,805
P2	0,835	0,85	0,81	0,8	0,824	
P3	0,825	0,79	0,81	0,77	0,799	
50ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,815	0,8	0,79	0,79	0,799	0,779
K2	0,735	0,8	0,76	0,72	0,754	
K3	0,825	0,81	0,725	0,775	0,784	
P1	0,8	0,76	0,845	0,75	0,789	0,800
P2	0,825	0,8	0,795	0,71	0,783	
P3	0,85	0,85	0,8	0,81	0,828	

48 jam						
10ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,665	0,725	0,7	0,725	0,704	0,746
K2	0,78	0,75	0,675	0,7	0,726	
K3	0,83	0,86	0,78	0,76	0,808	
P1	0,825	0,75	0,89	0,775	0,810	0,868
P2	0,99	0,79	0,8	0,85	0,858	
P3	1,05	0,9	0,95	0,85	0,938	
20ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,925	0,94	0,9	0,875	0,910	0,866
K2	0,85	0,71	0,85	0,82	0,808	
K3	1,025	0,8	0,9	0,8	0,881	
P1	0,76	0,75	0,775	0,7	0,746	0,917
P2	1,07	1,015	1	1,025	1,028	
P3	1,025	0,93	1,1	0,85	0,976	
30ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,75	0,8	0,795	0,8	0,786	0,798
K2	0,76	0,83	0,775	0,825	0,798	
K3	0,8	0,775	0,86	0,8	0,809	
P1	0,77	0,77	0,75	0,79	0,770	0,776
P2	0,8	0,74	0,775	0,75	0,766	
P3	0,81	0,8	0,775	0,78	0,791	
40ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,9	0,7	0,735	0,8	0,784	0,768
K2	0,875	0,7	0,71	0,75	0,759	
K3	0,8	0,7	0,8	0,74	0,760	
P1	0,725	0,73	0,725	0,72	0,725	0,767
P2	0,85	0,77	0,8	0,74	0,790	
P3	0,825	0,8	0,745	0,77	0,785	
50ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,8	0,725	0,7	0,8	0,756	0,763
K2	0,78	0,75	0,745	0,75	0,756	
K3	0,8	0,795	0,8	0,705	0,775	
P1	0,795	0,745	0,75	0,825	0,779	0,758
P2	0,775	0,685	0,775	0,7	0,734	
P3	0,75	0,775	0,825	0,7	0,763	

60 jam						
10ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,725	0,73	0,675	0,67	0,700	0,742
K2	0,72	0,8	0,7	0,71	0,733	
K3	0,865	0,8	0,725	0,78	0,793	
P1	0,8	0,745	0,845	0,775	0,791	0,838
P2	0,9	0,775	0,72	0,8	0,799	
P3	1,065	0,8	0,9	0,93	0,924	
20ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,91	0,9	0,9	0,845	0,889	0,841
K2	0,83	0,75	0,8	0,66	0,760	
K3	1	0,9	0,8	0,8	0,875	
P1	0,775	0,7	0,725	0,73	0,733	0,878
P2	0,935	1,065	1,05	0,9	0,988	
P3	0,93	0,85	0,875	1	0,914	
30ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,8	0,745	0,725	0,75	0,755	0,773
K2	0,77	0,75	0,8	0,78	0,775	
K3	0,775	0,75	0,825	0,8	0,788	
P1	0,75	0,74	0,79	0,725	0,751	0,753
P2	0,75	0,775	0,7	0,78	0,751	
P3	0,795	0,725	0,72	0,785	0,756	
40ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,835	0,71	0,75	0,72	0,754	0,743
K2	0,85	0,7	0,71	0,7	0,740	
K3	0,725	0,7	0,775	0,745	0,736	
P1	0,71	0,72	0,75	0,725	0,726	0,750
P2	0,82	0,79	0,7	0,75	0,765	
P3	0,8	0,73	0,775	0,735	0,760	
50ppm	1	2	3	4	rata-rata	rata-rata akhir
K1	0,725	0,8	0,73	0,77	0,756	0,746
K2	0,75	0,7	0,715	0,74	0,726	
K3	0,79	0,75	0,75	0,73	0,755	
P1	0,735	0,81	0,725	0,78	0,763	0,745
P2	0,66	0,76	0,735	0,725	0,720	
P3	0,775	0,78	0,75	0,7	0,751	

Keterangan: K= Koloid Perak Ionik
P= Nanopartikel Perak Ionik

Lampiran 4. Perhitungan ukuran partikel.

A. Nanopartikel perak ionik

10 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(407)- 550,45$$

$$= 16,8 \text{ nm}$$

20 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(399)- 550,45$$

$$= 5,7 \text{ nm}$$

30 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(416,5)- 550,45$$

$$= 30,1 \text{ nm}$$

40 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(421,5)- 550,45$$

$$= 37 \text{ nm}$$

50 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(413,5)- 550,45$$

$$= 25,9 \text{ nm}$$

B. Koloid Perak Ionik

10 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(426)- 550,45$$

$$= 43,3 \text{ nm}$$

20 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(421,5)- 550,45$$

$$= 37 \text{ nm}$$

30 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(425,5)- 550,45$$

$$= 42,6 \text{ nm}$$

40 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(429,5)- 550,45$$

$$= 48,2 \text{ nm}$$

50 ppm

$$y=1,3938x -550,45$$

$$= 1,3938(426,5)- 550,45$$

$$= 44 \text{ nm}$$

