

**PENGARUH KONSENTRASI NANOPARTIKEL PERAK HASIL
ELEKTROLISIS TERHADAP DAYA HAMBAT BAKTERI *Escherichia coli*
DAN *Staphylococcus aureus***

SKRIPSI

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



**Disusun oleh
SUKMAWATI FITRI HARDIYATI
13306144013**

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

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

PENGARUH KONSENTRASI NANOPARTIKEL PERAK HASIL ELEKTROLISIS TERHADAP DAYA HAMBAT BAKTERI *Escherichia coli* DAN *Staphylococcus aureus*



Yogyakarta, Juni 2018

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Nur Kadarisman, M.Si
NIP.19640205 199101 1 001

Disetujui,

Dosen Pembimbing

Suparno, Ph.D.
NIP. 19800129 200501 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

PENGARUH KONSENTRASI NANOPARTIKEL PERAK HASIL ELEKTROLISIS TERHADAP DAYA HAMBAT BAKTERI *Escherichia coli* DAN *Staphylococcus aureus*

Disusun oleh:

Sukmawati Fitri Hardiyati
NIM 13306144013

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

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri

Yogyakarta

Pada tanggal 16 Agustus 2018

Nama/Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Suparno, Ph.D.</u> Ketua Penguji/Pembimbing		20 - 08 - 2018
<u>Dr. Ariswan</u> Penguji utama		20 - 08 - 2018
<u>Bambang Ruwanto, M.Si.</u> Penguji Pendamping		21 - 08 - 2018

Yogyakarta, 20 Agustus 2018

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dekan,

Dr. Hartono

NIP. 196203291987021002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Sukmawati Fitri Hardiyati

NIM : 13306144013

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : Pengaruh Konsentrasi Nanopartikel Perak Hasil

Elektrolisis terhadap Daya Hambat Bakteri *Escherichia coli*

dan *Staphylococcus aureus*

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri.

Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan dosen pengaji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, Agustus 2018

Yang menyatakan,



Sukmawati Fitri Hardiyati
NIM. 13306144013

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Allaah-ku tidak akan menimpakan sesuatu apa yang di
luar kemampuanku.

Tak seorangpun paham dan mau menjamah rasamu,
hanya berkeluhlah pada Dia yang memang peduli.

Hiduplah dengan anggun ☺

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada,
Ibu Saya, Ibu Saya, Ibu Saya; Sri Riyati
&
Bapak Saya; Bapak Suharmadi

Tidak ada kata yang dapat mewakilkan bagaimana perjuangan dan kasih sayang beliau untuk menguatkan dalam segala kondisi. Jazaakumullahu khayr untuk tidak pernah lelah mendidik dan mengajarkanku bagaimana menjalani hidup.

I love you.

Adik Saya; Angga Hardiyan Saputra (Alm)

See you when i see you again, in sya Allaah.

Mbak Saya; Yulia Ardiyan Jalanesti Sada

Tanpa diutarakan pun kita tau bahwa kita saling mencintai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam menyelesaikan skripsi ini tak luput oleh dukungan dan motivasi dari semua pihak, oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih kepada :

Allaah Subhaanahu Wa Ta’ala

1. **Ibuk saya**
2. **Ibuk saya**
3. **Ibuk saya**, Tidak ada kata yang dapat mewakilkan bagaimana perjuangan dan kasih sayangmu untuk menguatkan dalam segala kondisi.
4. **Bapak saya**, Jazaakallahu khayr untuk tidak pernah lelah mendidik dan mengajarkanku bagaimana menjalani hidup.
5. **Adek**, yang selalu baik dan tidak pernah mengeluh disuruh melakukan apapun, see you when i see you again in syaa Allaah, in Jannah yaa dek.
6. **Mbak**, yang tanpa diutarakan pun kita tau bahwa kita saling mencintai.
7. **Sahabat seranjang “Penghuni Pav Angkasa” (Tipa)**, Jazaakillahu khayr untuk 5 tahun ini yang selalu sabar dan selalu mengingatkanku.
8. **Lia Desay**, teman seperjuangan sejak semester pertama yang dengan kesengkleh-ananya selalu ada cara untuk menjadi penghibur dan penenang.
9. **Amira**, yang mengajarkan aku ketulusan, kesabaran dan selalu bisa membuatku bersyukur, terimakasih sudah betah menerima ocehanku selama ini.
10. **Mbakpit**, yang menemaniku berimajinasi tanpa batas dan tak pernah jemu membantuku melihat kehidupan berjalan.
11. **Ciwi-ciwiku (Nopi, Lulis)**, terimakasih mempercayakan aku menjadi salah satu bagian di hidup kalian, yang malah sering merepotkan.
12. **Ndug Ella**, yang hampir selama sebelas tahun ini mengajakku pada kebaikan.
13. **My Besties (Ipi, Ulin, Mbak Rika, Risa, Karimun)**, yang selalu mengingatkanku dan menyemangati tanpa lelah, i love you.
14. **Mbak cantik dan si kecer**, Maa syaa Allaah mereka adalah salah satu bentuk baiknya Allaah yang memberiku kawan macam mereka.
15. **Teman-teman Fisika E 2013**, terimakasih telah menjadi teman, sahabat, sekaligus keluarga selama lima tahun ini. Terimakasih untuk waktu dan pengalaman berharga bersama kalian.
16. **Laboran (Mas Haris)**, yang selalu saya repotkan tengkyuu yaa.
17. **Keluarga KKN 87ND (Cipeh, Denis, Big Bos Rahayu, Mami Iin, Luky Kecer, Bebeb Wicak, Dedeck Farid, Aldo, Agung)**, terimakasih untuk pengalaman dan menjadi keluarga selama satu bulan di Blora.
18. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu terimakasih banyak atas dukungannya.

Pengaruh Konsentrasi Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis terhadap Daya Hambat Bakteri *Escherichia coli* Dan *Staphylococcus aureus*

Oleh: Sukmawati Fitri Hardiyati
NIM. 13306144013

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dengan teknik elektrolisis dan mengetahui pengaruh konsentrasi (ppm) nanopartikel perak terhadap daya hambat bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Penelitian ini dibagi dalam tiga fase, yaitu pertama fase produksi, kedua fase karakterisasi, dan ketiga fase aplikasi. Pada fase produksi, yaitu membuat sampel nanopartikel perak secara elektrolisis dengan variasi tegangan 10 volt, 20 volt, 30 volt dan 40 volt. Untuk setiap variasi tegangan tersebut dilakukan pengukuran konsentrasi (ppm) dan konduktivitas listrik dengan menggunakan TDS meter setiap rentang waktu 20 menit hingga diperoleh waktu 160 menit. Untuk fase karakterisasi, dilakukan uji UV-Vis dengan variasi konsentrasi 6 ppm, 11 ppm dan 23 ppm. Selanjutnya dalam fase aplikasi, dilakukan dua uji yaitu uji sampel nanopartikel perak pada susu dan uji daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi kirby-bauer.

Semakin tinggi tegangan yang digunakan dan semakin lama proses elektrolisis maka konsentrasi (ppm) larutan dan konduktivitas listrik nanopartikel perak yang dihasilkan semakin besar. Nilai konsentrasi dan konduktivitas listrik tertinggi yang dapat dihasilkan dari teknik elektrolisis tersebut adalah pada variasi tegangan 40 volt dengan waktu 120 menit, yaitu sebesar 81 μ S/cm dan 39 ppm. Hasil uji UV-Vis dengan variasi konsentrasi 6 ppm, 11 ppm, dan 23 ppm, masing-masing memiliki panjang gelombang 422,5 nm, 409,0 nm, dan 417,0 nm. Hal ini menunjukkan bahwa sampel larutan yang diperoleh dari hasil elektrolisis logam perak merupakan nanopartikel perak. Pada uji susu, susu yang masih berada pada rentang pH susu segar yaitu hari ke-2 untuk variasi pertambahan volume 15 ml dan 20 ml, yaitu pada pH 6,5 dan 6,6. Sedangkan untuk pertambahan volume nanopartikel perak sebesar 5 ml sudah menunjukkan adanya aktivitas bakteri karena nilai pH nya yaitu 6,3 dan untuk susu tanpa ditambahi nanopartikel perak memiliki nilai pH yang paling rendah yaitu 5,8. Pada bakteri *Escherichia coli*, kemampuan daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri yang terbaik yaitu pada konsentrasi 5 ppm, sedangkan untuk bakteri *Staphylococcus aureus* kemampuan daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri yang terbaik yaitu pada konsentrasi 25 ppm, khususnya pada jam ke-22 dan jam ke-44 pengukuran.

Kata Kunci: nanopartikel, perak, antibakteri, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

Effect of Silver Nanoparticle Concentration on Electrolysis Results on Inhibition of Bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*

Oleh: Sukmawati Fitri Hardiyati
NIM. 13306144013

ABSTRACT

*The purpose of this study was to determine the characteristics of silver nanoparticles produced by electrolysis techniques and determine the effect of silver nanoparticles concentration (ppm) on the inhibitory power of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria.*

*This research is divided into three phases, namely the first phase of production, the second phase of characterization, and the third phase of application. In the production phase, which is to make samples of silver nanoparticles by electrolysis with variations in voltage of 10 volts, 20 volts, 30 volts and 40 volts. For each voltage variation, concentration (ppm) and electrical conductivity were measured using TDS meters every 20 minutes to get 160 minutes. For the characterization phase, UV-Vis test was carried out with various concentrations of 6 ppm, 11 ppm and 23 ppm. Furthermore, in the application phase, two tests were carried out namely the sample test of silver nanoparticles in milk and the inhibitory test of silver nanoparticles on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria with Kirby-Bauer diffusion method.*

*The higher the voltage used and the longer the electrolysis process, the greater the concentration (ppm) of the solution and the electrical conductivity of the silver nanoparticles. The highest concentration and electrical conductivity values that can be produced from the electrolysis technique are on a voltage variation of 40 volts with a time of 120 minutes, which is 81 μ S / cm and 39 ppm. UV-Vis test results with variations in concentrations of 6 ppm, 11 ppm, and 23 ppm, each of which has a wavelength of 422.5 nm, 409.0 nm, and 417.0 nm. This shows that the solution sample obtained from the electrolysis of silver metal is silver nanoparticles. In the milk test, milk is still in the range of pH of fresh milk that is the 2nd day for 15 ml and 20 ml volume increase variations, ie at pH 6.5 and 6.6. Whereas for the increase in volume of silver nanoparticles of 5 ml, it showed bacterial activity because the pH value of 6.3 and for milk without silver nanoparticles had the lowest pH value of 5.8. In *Escherichia coli* bacteria, the ability of silver nanoparticles to inhibit bacteria is the best at 5 ppm, while for *Staphylococcus aureus* the ability of silver nanoparticles against bacteria is the best at 25 ppm, especially at the 22nd hour and 44 measurements.*

Keywords: nanoparticles, silver, antibacterial, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadirat Allaah Subhaanahu Wa Ta’ala atas segala limpahan rahmat dan berkah-Nya sehingga penyusunan tugas akhir skripsi yang berjudul “Pengaruh Konsentrasi Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis terhadap Daya Hambat Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*” dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan baginda Rasulullah Shallallaahu ‘alayhi wassalam beserta keluarga dan sahabatnya.

Penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak dapat terlaksana dengan baik tanpa adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allaah Subhaanahu Wa Ta’ala
2. Bapak Dr. Hartono, M.Si selaku Dekan FMIPA UNY atas pemberian fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
3. Bapak Yusman Wiyatmo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberi izin untuk pelaksanaan penelitian skripsi.
4. Bapak Nur Kadarisman, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNY yang telah memberi izin dalam pelaksanaan skripsi.
5. Bapak Suparno, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan motivasi serta ilmu dan pengajaran yang bermanfaat. Terimakasih atas waktu dan kesabarannya

selama ini dalam membimbing kami sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.

6. Ibu Laila Katriani, M.Si. selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan nasehat dan arahan selama menjadi mahasiswa Fisika.
7. Semua Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang bermanfaat.
8. Haris Murtanto, selaku petugas laboratorium Fisika Koloid yang bersedia menyediakan tempat dan alat untuk melaksanakan penelitian.

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

Yogyakarta, Agustus 2018

Yang menyatakan,

Sukmawati Fitri Hardiyati
NIM. 13306144013

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	Error! Bookmark not defined.
PERSEMBAHAN.....	vi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
PENDAHULUAN	16
A. Latar Belakang Masalah.....	16
B. Identifikasi Masalah.....	20
C. Pembatasan Masalah	20
D. Rumusan Masalah	21
E. Tujuan Penelitian	21
F. Manfaat Penelitian	21
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	23
A. Deskripsi Teori.....	23
1. Resistensi Bakteri Terhadap Obat	23
2. Bakteri Gram Positif dan Negatif	29
3. <i>Escherichia coli</i>	32
4. <i>Staphylococcus aureus</i>	38
5. Nanopartikel Perak sebagai Anti Bakteri	46

6. Pengukuran Aktivitas Antimikrobia dengan Metode Difusi Kirby – Bauer.....	48
7. Elektrolisis.....	50
8. Konduksi Listrik.....	54
9. TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	57
10. Spektroskopi UV-Vis.....	58
11. Susu.....	62
B. Kerangka Berfikir.....	64
BAB III METODE PENELITIAN.....	66
A. Tempat dan Waktu Penelitian	66
B. Variabel Penelitian	67
C. Jenis Penelitian.....	69
D. Alat dan Bahan.....	69
E. Langkah Penelitian.....	72
F. Teknik Analisis Data.....	80
G. Diagram Alir Penelitian	83
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	84
A. Kesimpulan	104
B. Saran.....	105
DAFTAR PUSTAKA	106
LAMPIRAN	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1: Sel Elektrolisis	51
Gambar 2: Reaksi oksidasi-reduksi pada elektrode	54
Gambar 3: Aliran ion dalam larutan	56
Gambar 4: Larutan yang dilalui cahaya	60
Gambar 5 : Skema alat dalam pembuatan nanopartikel perak secara elektrolisis	72
Gambar 6 : Diagram alir penelitian.....	83
Gambar 7 : Grafik hubungan antara voltase dengan konsentrasi nanopartikel perak	86
Gambar 8: Grafik hubungan antara waktu dengan konsentrasi nanopartikel perak	87
Gambar 9: Grafik hubungan antara voltase dengan konduktivitas listrik.....	89
Gambar 10 : Grafik hubungan antara waktu dengan konduktivitas listrik	90
Gambar 11 : Karakterisasi UV-Vis sampel nanopartikel.....	93
Gambar 12 : Grafik hasil ekstrapolasi kisaran ukuran partikel nanopartikel perak	95
Gambar 13 : Grafik Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan	97
Gambar 14 : Grafik zona bening bakteri <i>Escherichia coli</i>	99
Gambar 15 : Grafik zona bening bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beberapa ciri bakteri gram positif dan gram negatif.....	31
Tabel 2. Kualitas air berdasarkan jumlah padatan terlarut.....	58
Tabel 3. Kisaran ukuran partikel dengan panjang gelombang partikel untuk nanopartikel perak.....	62
Tabel 4. Data konsentrasi (ppm) nanopartikel perak hasil elektrolisis dengan variasi voltase untuk setiap rentang waktu	85
Tabel 5. Data konduktivitas listrik hasil elektrolisis dengan variasi voltase untuk setiap rentang waktu.....	88
Tabel 6. Puncak absorbansi sampel variasi konsentrasi larutan	93
Tabel 7. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan	96
Tabel 8. Diameter zona bening bakteri <i>Escherichia coli</i>	99
Tabel 9. Diameter zona bening bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil uji daya hambat nanopartikel perak pada bakteri	111
Lampiran 2. Hasil karakterisasi UV-Vis.....	115
Lampiran 3. Pengenceran.....	118
Lampiran 4. Alat, bahan dan proses pada penelitian	120
Lampiran 5. Hasil uji sampel	123

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Bakteri banyak ditemukan di sekitar manusia, misalnya tangan manusia yang banyak berinteraksi dengan dunia luar. Terdapat berbagai jenis bakteri yang ada di tangan manusia. Adapun bakteri yang umum ditemukan pada tangan di antaranya adalah *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, dan *Shigella*. Bakteri *Staphylococcus aureus* memiliki potensi dapat menyebabkan penyakit yang dapat pada tubuh manusia melalui saluran pernafasan, saluran pencernaan dan infeksi melalui kulit. Bahan makanan yang disiapkan dengan kontak tangan langsung tanpa proses mencuci tangan, sangat berpotensi terkontaminasi *Staphylococcus aureus*. Bakteri *Escherichia coli* dapat menyebabkan berbagai penyakit dan infeksi terhadap saluran pencernaan pada manusia. Bakteri memiliki spektrum yang sangat luas. Makan di saat kondisi tangan kotor juga dapat memicu hadirnya infeksi bakteri (Andi Rahman, 2012 : 9).

Obat untuk mengatasi infeksi bakteri adalah antibiotik. Dengan berjalannya waktu, terjadi perubahan pada praktik perawatan kesehatan. Penderita yang dirawat di rumah sakit dalam jangka panjang semakin banyak sehingga pajanan terhadap antibiotik semakin bertambah dan meningkatkan resistensi terhadap antibiotik. Selain itu sekitar 40-62% antibiotik digunakan secara tidak tepat untuk penyakit yang sebenarnya tidak memerlukan

antibiotik. Pada penelitian di berbagai rumah sakit ditemukan sebanyak 30%-80% penggunaan antibiotik tidak berdasarkan indikasi. Untuk mengurangi resistensi, pemilihan antibiotik harus berdasarkan informasi spektrum bakteri penyebab infeksi dan pola kepekaan terhadap antibiotik (Nurmala, dkk., 2015 : 2). Kasus resistensi bakteri terhadap antibiotik menjadi suatu masalah serius dalam dunia kesehatan. Data *Cancer for Disease Prevention* menyebutkan bahwa 13.300 pasien meninggal akibat infeksi bakteri yang resisten. Peningkatan kasus resistensi bakteri tidak dimbangi dengan penemuan antibiotik baru (Agustina, 2015 : 2).

Salah satu teknologi yang sedang giat dikembangkan adalah dalam bidang nanoteknologi. Prinsip nanoteknologi sendiri adalah merekayasa sifat-sifat dan performansi material sedemikian rupa sehingga menjadi lebih efektif, efisien, dan berdaya guna dalam skala nanometer (Lilis, 2017 : 2-3). Nanoteknologi merupakan salah satu bidang penting pada riset modern yang berkaitan dengan desain, sintesis, dan rekayasa struktur partikel berskala 1 sampai 100 nm. Nanoteknologi secara cepat berkembang dengan menghasilkan produk-produk nano dan nanopartikel yang memiliki sifat fisika-kimia berhubungan dengan ukurannya (Tran dkk., 2013 : 1). Berbeda dengan material berukuran besar (*bulk*), karakteristik sifat nanopartikel didasarkan pada ukuran, bentuk, dan morfologi permukaan.

Salah satu jenis logam yang banyak dikaji sebagai nanopartikel adalah perak (Ag) (Shameli dkk., 2012 : 6640). Nanopartikel perak banyak dipelajari karena memiliki sifat fisika, kimia, dan mikrobakterial yang unik terutama

dalam bidang optis, katalisis, dan biomedis (Korbekandi & Iravani, 2012:3). Ukuran perak dalam skala nano menjadi pertimbangan penting karena dapat meningkatkan reaktivitas pada permukaan perak (Raffi *dkk.*, 2008:192). Perak adalah logam anti-bakterisida yang aman dan efektif karena tidak beracun bagi sel-sel hewan dan sangat beracun untuk bakteri seperti *Escherchia coli* dan *Staphylococcus aureus* (El-Kheshen, A.A. & S.F.G. El-Rab, 2012 : 54). Selain itu, perak merupakan logam yang umum digunakan, karena sifatnya yang tidak toksik terhadap kulit manusia (Yuan Gao & R. Cranston, 2008 : 60).

Hidup bersosialisasi dan tumbuh dalam suatu lingkungan menjadikan kita mau tidak mau untuk berinteraksi dengan siapa pun atau apa pun itu, yaitu manusia lainnya atau suatu benda tertentu. Kegiatan keseharian yang mewajibkan adanya interaksi tersebut, yang tanpa kita sadari dapat menyebabkan beberapa musibah dalam kehidupan kita. Salah satu contoh musibah tersebut adalah datangnya penyakit bagi kita. Penyakit dapat terjadi salah satunya disebabkan oleh bakteri, karena bakteri banyak ditemukan di sekitar manusia. Mengingat peningkatan kasus resistensi bakteri yang terjadi, konsumsi antibiotik bukan lagi menjadi solusi terbaik karena perlu kehati-hatian yang lebih ekstra dan malah menimbulkan kekhawatiran baru. Perkembangan dunia teknologi khususnya nanosains, melahirkan berbagai penemuan baru salah satunya dalam bidang anti mikroba. Dari banyak riset yang telah peneliti baca, nanopartikel perak terbukti sebagai anti bakteri yang aman dan efektif karena tidak beracun bagi sel-sel hewan bahkan sifatnya

tidak toksik terhadap kulit manusia. Mengetahui manfaat nanopartikel perak yang dapat digunakan sebagai anti bakteri, peneliti tertarik untuk meneliti daya hambat nanopartikel perak terhadap suatu bakteri. Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, karena umum ditemukan pada tangan manusia yang tidak lain sering digunakan untuk berinteraksi dengan dunia luar, bahkan menurut El-Kheshen, A.A. & S.F.G. El-Rab (2012 : 54), perak sangat beracun untuk bakteri seperti *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Menurut Ahmad, B.J, dkk (2015:149), permasalahan sintesis nanopartikel perak sekarang yang banyak menjadi perhatian adalah penggunaan bahan-bahan kimia yang tidak ramah lingkungan dan toksik bagi manusia seperti natrium borohidrida/NaBH4, dimetilaminoboran/DMAB, *N,N*-dimetilformamida/DMF dan hidrazina/N2H4.

Penting untuk mengembangkan metode yang efektif dalam membuat nanopartikel perak. Dalam penelitian ini, peneliti membuat nanopartikel perak dengan cara baru yaitu metode elektrolisis, selain karena bahaya penggunaan bahan-bahan kimia dalam sintesis kimia nanopartikel perak juga karena sulit ditemukannya literatur pembuatan nanopartikel perak selain dengan cara sintesis kimia. Peneliti berharap nantinya hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai literatur pembuatan nanopartikel perak sebagai antibakteri dengan metode elektrolisis dan kedepannya dapat dikembangkan menjadi sebuah produk jadi yang bisa dikonsumsi masyarakat.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yaitu

1. Perlu adanya penelitian untuk menghasilkan produk anti bakteri mengingat berbagai macam bakteri yang mulai resisten terhadap beberapa antibiotik.
2. Kurangnya literatur yang membahas pembuatan nanopartikel perak secara elektrolisis.
3. Manfaat nanopartikel perak sangat besar sehingga penelitian tentang nanopartikel perak sangat diperlukan untuk terus dapat dikembangkan khususnya sebagai anti bakteri.

C. Pembatasan Masalah

Dari identifikasi masalah di atas, pada penelitian ini perlu adanya batasan masalah untuk membatasi penelitian. Batasan masalah dari penelitian ini adalah,

1. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu logam perak yang dibeli dari “Kerajinan Perak Pak Mulyadi” di daerah Kota Gedhe, Yogyakarta.
2. Karakterisasi sampel dengan spektrofotometer UV-Vis.
3. Bakteri uji yang digunakan yaitu bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Daya hambat bakteri dapat diketahui dengan pengukuran diameter zona bening dengan metode *Kirby Bauer*.
4. Susu uji yang akan digunakan adalah susu steril dari SGM.
5. Pengukuran pH pada uji susu, konsentrasi nanopartikel perak yang

digunakan adalah 25 ppm.

D. Rumusan Masalah

Dari batasan masalah di atas, dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimanakah karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dengan teknik elektrolisis?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi (ppm) nanopartikel perak terhadap daya hambat bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*?

E. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Mengetahui karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dengan teknik elektrolisis.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi (ppm) nanopartikel perak terhadap daya hambat bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Mendapatkan informasi bahwa logam perak dapat dibuat nanopartikel perak dengan cara elektrolisis.
 - b. Memberikan informasi hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis terhadap hasil elektrolisis logam perak.

- c. Mendapatkan informasi mengenai pengaruh nanopartikel perak hasil elektrolisis terhadap aktivitas bakteri pada susu dengan indikator pH.
- d. Mendapatkan informasi mengenai daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.
- e. Sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan nanopartikel perak dengan metode elektrolisis.

2. Bagi Universitas

Sebagai referensi penelitian dalam bidang nanoteknologi yang kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut.

3. Bagi Masyarakat

- a. Sebagai salah satu alternatif pembuatan nanopartikel perak dengan metode elektrolisis.
- b. Memberikan informasi pemanfaatan logam perak sebagai produk anti bakteri.
- c. Penelitian mengenai nanopartikel perak yang terus dikembangkan sehingga dapat diaplikasikan untuk kemajuan produk anti bakteri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Resistensi Bakteri Terhadap Obat

Antibiotik adalah senyawa organik yang terjadi secara natural atau sintetik yang menghambat atau merusak bakteri tertentu, umumnya pada konsentrasi rendah (Brooks, G.F, dkk., 2005: 79). Organisme yang tumbuh dengan cepat dan aktif lebih peka terhadap obat dibanding organisme yang berada pada fase istirahat (Brooks, G.F, dkk., 2005: 234).

Jalur biosintesis mempunyai peranan penting dalam obat-obatan, karena memberikan sebuah dasar bagi kerja antibakteri yang selektif oleh beberapa agen khemoterapi. Tidak seperti sel inang, bakteri tidak isotonik dengan cairan tubuh. Isinya di bawah tekanan osmotik yang tinggi, dan tingkat hidupnya tergantung pada integritas anyaman peptidoglikan dalam dinding sel yang dipertahankan sepanjang pertumbuhannya (Brooks, G.F, dkk., 2005: 121).

a. Asal mula resistansi obat

1) Asal mula resistensi obat nongenetik.

Untuk bisa bekerja, antimikroba biasanya membutuhkan keadaan dimana bakteria bereplikasi (Brooks, G.F, dkk., 2005: 229-231).

Resistensi non-genetik adalah suatu keadaan bakteri pada stadium istirahat, sehingga bakteri tidak peka terhadap antibiotik. Atau dengan kata lain, antibiotik yang bekerja untuk membunuh bakteri

pada saat aktif pembelahan maka populasi bakteri yang tidak berada pada fase pembelahan akan relatif resisten terhadap antibiotik tersebut. Resistensi non-genetik umumnya terjadi karena perubahan pada pertahanan tubuh bakteri itu sendiri atau perubahan struktur bakteri sehingga tidak sesuai lagi sebagai target antibiotik.

2) Asal mula resistansi obat secara genetik

a) Resistensi Kromosomal

Ini terjadi akibat mutasi spontan dalam lokus yang mengontrol kepekaan obat antimikroba yang diberikan. Adanya antimikroba bertindak sebagai mekanisme selektif yakni membunuh bakteri yang peka dan membiarkan tumbuh bakteri yang resisten (Brooks, G.F, dkk., 2005: 229).

b) Resistensi Ekstra-kromosomal

Faktor R adalah kelompok plasmid yang membawa gen resistensi terhadap satu atau beberapa obat antimikroba dan logam berat) (Brooks, G.F, dkk., 2005: 230). Faktor R adalah satu golongan plasmid yang membawa gen-gen resisten terhadap satu atau lebih antibiotik. Gen dalam plasmid yang sering kali menyebabkan resistensi obat dengan memproduksi enzim-enzim yang dapat merusak daya kerja obat.

c) Resistensi-silang

Mikroorganisme resisten terhadap obat tertentu dan mungkin juga resisten terhadap obat lain yang mempunyai mekanisme sama. Kemiripan antar antimikrobia seperti kedekatan struktur kimia (misalnya berbagai macam aminoglikosida) atau yang mempunyai kesamaan ikatan atau mekanisme kerja (misalnya makrolid-linkomisin) (Brooks, G.F, dkk., 2005: 231).

b. Mekanisme resistensi obat

Mekanisme aksi obat antimikrobia tidak sepenuhnya dimengerti. Namun mekanisme aksi ini dapat dikelompokkan dalam 4 kelompok utama,

1) Penghambatan terhadap sintesis dinding sel

Dinding sel bakteri merupakan target alami obat anti-mikroba, karena keberadaannya dapat membedakan sel mikroba dan sel manusia, dan oleh karena itu dapat mengurangi efek yang berpotensi toksik (Locke, Thomas, dkk., 2013:99). Bakteri mempunyai lapisan luar yang rigid, yakni dinding sel. Mempertahankan bentuk mikroorganisme dan pelindung sel bakteri, yang mempunyai tekanan osmostik internal yang tinggi. Trauma pada dinding sel (misal, oleh lisozim) atau penghambatan pembentukannya, menimbulkan lisis pada sel. Pada lingkungan yang hipertonik (sukrosa 20%), dinding sel yang rusak menimbulkan protoplast bakteri sferik dari bakteri gram positif

atau asferoplas dari bakteri gram negatif, bentuk-bentuk ini dibatasi oleh membran sitoplasma yang *fragile*. Jika protoplas atau sferoplas diletakkan pada lingkungan dengan tekanan osmosis tertentu, mereka akan mengambil cairan dengan cepat, mengembang dan dapat pecah (Brooks, G.F, dkk., 2005: 224).

2) Penghambatan terhadap fungsi membran sel

Mutasi kromosom (seringkali secara kebetulan) dapat menimbulkan resistansi terhadap antibiotik (Locke, Thomas, dkk., 2013:104). Sitoplasma semua sel hidup dibatasi oleh membran sitoplasma, yang berperan sebagai barrier permeabilitas selektif, membawa fungsi transpor aktif, dan kemudian mengontrol komposisi internal sel. Jika fungsi integritas membran sitoplasma dirusak, makromolekul dan ion keluar dari sel, kemudian sel rusak atau terjadi kematian. Membran sitoplasma bakteri dan fungi mempunyai struktur berbeda dibanding sel binatang dan dapat dengan mudah dikacaukan oleh agen tertentu (Brooks, G.F, dkk., 2005: 226).

3) Penghambatan terhadap sintesis protein

Antibiotik yang bekerja dengan menghambat sintesis protein mampu memanfaatkan sedikit perbedaan antara sintesis protein dalam sel bakteri dan sel manusia untuk meminimalkan kerusakan pada sel-sel manusia (Locke, Thomas, dkk., 2013:104). Telah

diketahui bahwa *kloramfenikol*, *tetrasiklin*, *aminoglikosida*, *eritromisin* dan *linkomisin* dapat menghambat sintesis protein pada bakteri. Mekanisme yang tepat tidak seluruhnya diketahui. Bakteri mempunyai 70S ribosom, sedangkan sel mamalia mempunyai 80S ribosom. Sub unit masing-masing tipe ribosom, komposisi kimianya, dan spesifikasi fungsinya berbeda, bisa untuk menerangkan mengapa antimikroba dapat menghambat sintesis protein dalam ribosom bakteri tanpa berpengaruh pada ribosom mamalia (Brooks, G.F, dkk., 2005: 226).

4) **Penghambatan terhadap sintesis asam nukleat** (Brooks, G.F, dkk., 2005: 224-227).

Pada tingkat molekuler, ada tiga mekanisme penting tentang cara mikroba merusak fungsi antibiotik sehingga terjadi resistansi

- a) Mengubah situs target: area tertentu, yang merupakan situs target antibiotik berubah, yang berarti kecil kemungkinan antibiotik berinteraksi dengan situs target.
- b) Membatasi akses ke situs target: akses ke situs tertentu, tempat antibiotik menggunakan pengaruhnya mungkin dibatasi. Hal ini dapat terjadi baik dengan berkurangnya antibiotik yang melewati dinding sel, atau dengan menyebabkan lebih banyak antibiotik yang keluar setelah berada di dalam.
- c) Inaktivasi antibiotik: organisme mungkin mulai memproduksi enzim baru yang mencegah antibiotik bekerja (misalnya β -

laktamase menonaktifkan cincin β -laktam) (Locke, Thomas, dkk., 2013:111)

Ada beberapa perbedaan mekanisme resistensi pada mikroorganisme terhadap obat :

- 1) Mikroorganisme menghasilkan enzim dan merusak obat yang aktif.
- 2) Mikroorganisme merubah permeabilitasnya terhadap obat.
- 3) Mikroorganisme mengubah struktur target untuk obat.
- 4) Mikroorganisme mengembangkan jalur metabolisme baru yang menghindari jalur yang biasa dihambat oleh obat
- 5) Mikroorganisme mengembangkan enzim baru yang masih dapat melakukan fungsi metaboliknya tapi sedikit dipengaruhi oleh obat (Brooks, G.F, dkk., 2005: 228-229).

c. Pengendalian resistensi obat

Munculnya resistensi obat pada infeksi dapat dikurangi dengan cara berikut :

- 1) Mempertahankan kadar yang cukup dalam jaringan untuk menghambat populasi asli dan mutasi tingkat rendah.
- 2) Memberi dua obat yang tidak membri resistensi silang secara simultan, masing-masing menunda timbulnya mutan resisten terhadap obat yang lain (misal rifampin dan isoniasid pada pengobatan tuberkulosis).

- 3) Mencegah penampakan mikroorganisme terhadap obat dengan membatasi penggunaannya, khususnya di rumah sakit (Brooks, G.F, dkk., 2005: 231).

2. Bakteri Gram Positif dan Negatif

a. Eubakteria Gram Negatif yang Memiliki Dinding Sel

Bakteri yang memiliki selubung sel yang kompleks (tipe gram-negatif) yang terdiri dari membran luar, membran dalam dan lapisan peptidoglikan tipis (yang terdiri dari asam muramik dan terdapat hampir pada semua organisme, hanya beberapa organisme saja yang telah kehilangan bagian dari selubung sel ini) dan membran sitoplasma merupakan kelompok yang sangat heterogen (Brooks, G.F, dkk., 2005: 59). Bakteri gram negatif memiliki tiga lapisan yaitu membran luar, dinding sel dan membran plasma. Dimana hampir semua organisme terdapat asam muramik yang merupakan salah satu komponen penyusun peptidoglikan, namun pada membran sitoplasma terdiri atas berbagai unsur yang berbeda sifat atau berlainan jenis dengan bagian selubung sel lainnya. Sel mungkin berbentuk bulat, lonjong, batang lurus atau lengkung, heliks, dan filamen (seperti tali), beberapa bentuk ini mungkin berkapsul atau berselubung. Perkembangbiakan dilakukan dengan pembelahan ganda, tetapi beberapa kelompok berkembang biak dengan cara tunas. Badan buah dan myxospore, mungkin dibentuk oleh myxobacteria. Pergerakan, jika hal itu disebabkan oleh flagella atau dengan bergerak

bebas/terbang. Anggota dari kategori ini adalah bakteri fototrof atau nonfototrof dan termasuk spesies aerobik, anaerobik, anaerobik fakultatif dan mikroaerofilik, beberapa anggota merupakan parasit intraseluler obligat.

b. Eubakteria Gram Positif yang Memiliki Dinding Sel

Bakteri ini memiliki profil dinding sel tipe gram-positif, sel-sel umumnya tetapi tidak selalu diwarnai dengan pewarnaan gram positif. Sel mungkin berbentuk sferis, batang atau filamen bercabang maupun tidak bercabang. Reproduksi pada umumnya dengan pembelahan biner. Beberapa bakteri pada kategori ini memproduksi spora sebagai bentuk dormanya (endospora). Organisme ini umumnya khemosintesis heterotrof dan termasuk di dalamnya adalah spesies aerobik, anaerobik dan anaerobik fakultatif. Kelompok dalam kategori ini meliputi bakteri asporogeneous dan sporogeneous sederhana yang strukturnya seperti actinomycetes kompleks (Brooks, G.F, dkk., 2005: 59).

c. Perbedaan

Perbedaan komposisi dan struktur dinding sel antara gram positif dan gram negatif penting untuk dipahami karena kini diyakini bahwa dinding sel itulah yang menyebabkan kedua kelompok ini memberikan respons sebagaimana yang kita lihat terhadap berbagai perlakuan dan bahan, seperti pewarnaan gram dan antibiotik-antibiotik tertentu (Michael J. Pelczar, dkk., 1986 :116).

Bakteri gram negatif mengandung lipid, lemak atau substansi seperti lemak dalam presentase lebih tinggi daripada yang dikandung bakteri gram positif. Dinding sel bakteri gram negatif juga lebih tipis daripada dinding sel bakteri gram positif. Dinding sel bakteri gram negatif mengandung peptidoglikan jauh lebih sedikit, dan peptidoglikan ini mempunyai ikatan silang yang jauh kurang ekstensif dibandingkan dengan yang dijumpai pada dinding bakteri gram positif (Michael J. Pelczar, dkk, 1986 :117-118).

Terdapat beberapa perbedaan antara bakteri gram positif dan gram negatif yang perlu diketahui, disajikan dalam Tabel. 1 berikut:

Tabel 1. Ciri bakteri gram positif dan gram negatif
(Michael J. Pelczar, dkk, 1986 :117)

Ciri	Perbedaan Relatif	
	Gram positif	Gram negatif
Struktur dinding sel	Tebal (15-80nm) Berlapis tunggal (mono)	Tipis (10-15nm) Berlapis tiga (multi)
Komposisi dinding sel	Kandungan lipid rendah (1-4%) Peptidoglikan ada sebagai lapisan tunggal; komponen utama merupakan lebih dari 50% berat kering pada beberapa sel bakteri Asam tekoat	Kandungan lipid tinggi (11-22%) Peptidoglikan ada di dalam lapisan kaku sebelah dalam; jumlahnya sedikit, merupakan sekitar 10% berat kering Tidak ada asam tekoat
Kerentanan terhadap penisilin	Lebih rentan	Kurang rentan
Pertumbuhan dihambat oleh zat-zat warna dasar, misalnya ungu kristal	Pertumbuhan dihambat dengan nyata	Pertumbuhan tidak begitu dihambat
Persyaratan nutrisi	Relatif rumit padabanyak spesies	Relatif sederhana
Resistansi terhadap gangguan fisik	Lebih resisten	Kurang resisten

Perbedaan pada kepekaan bakteri gram positif dan bakteri gram negatif terhadap berbagai penisilin atau sefalosporin tergantung pada perbedaan struktur dinding selnya (misalnya, sejumlah peptidoglikan, adanya reseptor dan lipid, sifat anyaman dinding sel, aktivitas enzim otolitik) yang menentukan penetrasi, ikatan dan aktivitas obat (Brooks, G.F, dkk., 2005: 225). Bakteri gram negatif berbeda dari bakteri gram positif dalam hal-hal lain juga. Bakteri gram negatif lebih rentan terhadap antibiotik-antibiotik seperti streptomisin. Bakteri gram positif pada umumnya lebih rentan terhadap antibiotik penisilin dan kurang rentan terhadap disintegrasi oleh perlakuan mekanis (seperti diberi tekanan sangat tinggi atau getaran-getaran ultrasonik) atau bila diberi enzim-enzim tertentu (Michael J. Pelczar, dkk, 1986 :118).

3. *Escherichia coli*

a. Karakteristik Bakteri

Escherichia coli merupakan bakteri batang gram negatif, tidak berkapasul, umumnya mempunyai fimbria dan bersifat motile. Sel *Escherichia coli* mempunyai ukuran panjang 2,0-6,0 μ m dan lebar 1,1-1,5 μ m, tersusun tunggal, berpasangan, dengan flagela peritikus. *Escherichia coli* tumbuh pada suhu antara 10-40°C, dengan suhu optimum 37°C. pH optimum untuk pertumbuhannya adalah pada 7,0-7,5, pH minimum pada 4,0 dan maksimum pada pH 9,0 (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:185). *Escherichia coli* termasuk basil

coliform yang merupakan makhluk hidup kecil bersel satu yang hidup bersama organisme lain, tetapi tidak bersifat merugikan dan mungkin juga bisa menguntungkan, paling banyak ada di usus manusia dan hewan, hidup aerobik/fakultatif anaerobik. *Coliform* dapat berubah menjadi oportunis patogen bila hidup di luar usus, yaitu patogen yang jarang menyebabkan penyakit pada orang-orang yang memiliki imunokompetensi namun dapat menyebabkan penyakit/infeksi yang serius pada orang yang tidak memiliki imunokompetensi. *Escherichia coli* dalam jumlah yang banyak bersama-sama tinja, akan mencemari lingkungan. *Escherichia coli* thermotoleran adalah strain *Escherichia coli* yang telah dapat hidup pada suhu biakan 44,5°C dan indikator pencemaran air dan makanan oleh tinja (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:186).

Pada medium Agar Darah beberapa strain membentuk daerah hemolisis di sekeliling koloni (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:184). Bakteri ini dapat menggunakan asetat sebagai sumber karbon, tetapi tidak dapat menggunakan sitrat. Glukosa dan beberapa karbohidrat lainnya dipecah menjadi piruvat, dan fermentasi lebih lanjut menghasilkan laktat asetat dan format. Asam format oleh hidrogenliase dipecah menghasilkan CO_2 dan H_2 dalam jumlah yang sama banyaknya. Beberapa stain *Escherichia coli* bersifat aerogenik dan kebanyakan dapat difermentasi laktosa, hanya beberapa yang

tidak dapat menfermentasi laktosa atau menfermentasi secara lambat.
(Supardi, Imam & Sukamto, 1999:185)

Escherichia coli merupakan flora normal yang terdapat dalam usus. Bakteri enterik biasanya ditemukan dalam jumlah kecil sebagai bagian dari flora normal dari sistem pernafasan dan sistem alat kelamin. Bakteri enterik biasanya tidak menyebabkan penyakit dan dalam usus mereka dapat memberikan fungsi normal dan nutrisi. Ketika infeksi klinis terjadi, biasanya disebabkan oleh *Escherichia coli*, tetapi bakteri enterik lain merupakan penyebab dari infeksi yang diperoleh di komunitas (Brooks, G.F, dkk., 2005: 357).

Khusus untuk kelompok bakteri *Escherichia coli*, kehadirannya di dalam benda (air, bahan makanan dan sebagainya) yang berhubungan dengan kepentingan manusia, sangat tidak diharapkan. Karena kehadiran kelompok bakteri ini pada suatu benda menandakan bahwa benda tersebut telah tercemar (dikenai) oleh materi fekal, yaitu materi yang berada bersama tinja atau feses atau kotoran manusia. Ini disebabkan oleh asal dari kelompok bakteri ini adalah di dalam tinja manusia dan hewan berdarah panas lainnya. *Escherichia* (misal *Escherichia coli*) merupakan salah satu jenis kelompok bakteri ini yang sangat dihindari kehadirannya di dalam suatu benda yang berhubungan dengan kepentingan manusia (Suriawiria, 1990 : 144).

b. Patogenesis

1) Infeksi sistem saluran kencing

Escherichia coli merupakan penyebab paling banyak dari infeksi sistem saluran kencing dan jumlah untuk infeksi saluran kencing pertama kurang lebih 90% pada wanita muda (Brooks, G.F, dkk., 2005: 358). Faktor predisposisi untuk terjadinya infeksi saluran kemih oleh *Escherichia coli* adalah : kehamilan dan laki-laki tua. (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:183).

2) *Escherichia coli* yang berhubungan dengan penyakit diare

Escherichia coli yang umumnya menyebabkan diare terjadi di seluruh dunia. *Escherichia coli* ini diklasifikasikan berdasarkan sifat karakteristik dari virulensinya dan tiap kelompok menyebabkan penyakit dengan mekanisme yang berbeda (Brooks, G.F, dkk., 2005: 358). *Escherichia coli* umumnya merupakan flora normal pencernaan manusia dan hewan. Sejak 1940 di Amerika Serikat telah ditemukan strain—strain *Escherichia coli* yang tidak merupakan flora normal saluran pencernaan, yaitu strain yang tidak lazim terdapat dalam saluran pencernaan. Strain tersebut dapat menyebabkan diare pada bayi. Serotipe dari *Escherichia coli* yang dapat menyebabkan diare pada manusia disebut *Escherichia coli* enteropatogenik (EEC, EPEC atau EPEK).

Berdasarkan sifat patogenik dan produksi toksinnya, strain enteropatogenik *Escherichia coli* (EPEK) dapat dibedakan menjadi

dua grup. Grup I terdiri dari strain yang bersifat patogenik, tetapi tidak dapat memproduksi toksin; sedangkan grup II terdiri dari strain yang memproduksi enterotoksin, dan menyebabkan gejala enterotoksigenik, mempunyai gejala penyakit kolera yang disebabkan oleh *Vibrio Cholera*. Strain yang termasuk grup II ini disebut *Escherichia coli* enterotoksigenik (ETEC atau ETEK), dan merupakan bakteri penyebab diare yang banyak menyerang bayi (anak-anak dibawah 2 tahun). (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:182-183). Produksi toksin oleh ETEK dipengaruhi oleh adanya plasmid atau episom ekstra khromosomal yang dapat ditransfer ke sel-sel strain lainnya yang bersifat non-patogenik. Dosis yang dapat menimbulkan gejala infeksi berkisar $10^8 - 10^{10}$ sel. (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:184)

Salah satu faktor yang mempengaruhi sifat patogenik *Escherichia coli* adalah kemampuan untuk melakukan adesi pada sel-sel hewan dan manusia. Kemampuan untuk adesi ini diduga disebabkan oleh adanya fimbria atau pili yang dapat menyebabkan adesi dan kolonisasi strain ETEK pada hewan dan manusia terdiri dari beberapa tipe antigenik. Antigen fimbrial tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi terjadinya infeksi oleh ETEK karena lebih umum terdapat pada ETEK daripada non-ETEK (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:186).

3) Sepsis

Bakteri menjadi patogen ketika mereka mencapai jaringan di luar intestinal normal atau tempat flora normal yang kurang umum. Ketika daya pertahanan normal pada inang tidak sempurna khususnya pada bayi atau usia tua, pada tahap terminal penyakit yang menetap, infeksi klinis lokal yang penting dapat terjadi, dan bakteri akan mencapai aliran darah dan mengakibatkan sepsis (Brooks, G.F, dkk., 2005: 357).

Meningitis (Brooks, G.F, dkk., 2005: 360).

c. Pengobatan

Pengobatan bakteremia oleh gram negatif dan shock septic membutuhkan intuisi yang cekatan dalam terapi antimikrobal, pemberian cairan dan keseimbangan elektrolit dan penanganan terhadap diseminasi koagulasi intravaskular. Berbagai cara dapat digunakan untuk mencegah diare pada musafir, termasuk konsumsi setiap hari substansi bismut subsalisilat (bismut subsalisilat dapat menonaktifkan *Escherichia coli* enterotoksin in vitro) dan dosis teratur tetrakisiklin atau obat antimikrobia lain untuk periode tertentu. Karena tidak ada satupun metode yang baik atau tidak mempunyai efek samping, maka dianjurkan untuk memperhatikan makanan dan minuman di area dimana sanitasi lingkungan kurang baik dan pengobatan yang tepat. (Brooks, G.F, dkk., 2005: 361).

4. *Staphylococcus aureus*

a. Karakteristik Bakteri

Nama bakteri tersebut berasal dari kata “*Staphele*” yang berarti kumpulan dari anggur, dan kata “*aureus*” dalam bahasa Latin yang berarti emas. Nama tersebut diberikan berdasarkan bentuk dari sel-sel bakteri tersebut jika dilihat di bawah mikroskop, dan warna keemasan yang terbentuk jika bakteri tersebut ditumbuhkan pada suatu agar (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:139).

Suhu optimum untuk pertumbuhan *Staphylococcus aureus* adalah $35 - 37^{\circ}\text{C}$, dengan suhu minimum $6,7^{\circ}\text{C}$ dan suhu maksimum $45,5^{\circ}\text{C}$. Bakteri ini dapat tumbuh pada pH 4,0-9,8 dengan pH optimum sekitar 7,0-7,5. Pertumbuhan pada pH mendekati 9,8 hanya mungkin bila substratnya mempunyai komposisi yang baik untuk pertumbuhannya. Bakteri ini membutuhkan asam nikotinat untuk tumbuh dan akan distimulir pertumbuhannya dengan adanya thiamin. Pada keadaan anaerobik, bakteri ini juga membutuhkan urasi. Untuk pertumbuhan optimum diperlukan 11 asam amino, yaitu valin, leusin, threonin, phenilalanin, tirosin, sistein, metionin, lisin, prolin, histidin dan arginin. Bakteri ini tidak dapat tumbuh pada media sintetik yang tidak mengandung asam amino atau protein. Pada makanan berprotein yang tidak mengandung karbohidrat, bakteri ini tumbuh secara aerobik, sedangkan dengan adanya gula atau karbohidrat lainnya dalam jumlah

tinggi, pertumbuhan akan distimulir ke arah anaerobik (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:140).

Staphylococcus aureus termasuk dalam familia *Micrococcaceae*. Kecuali beberapa strain, bakteri ini umumnya membentuk pigmen kuning keemasan, memproduksi koagulase, dan dapat memfermentasi glukosa dan manitol dengan memproduksi asam dalam keadaan anaerobik. Bakteri ini bersifat anaerobik sangat lambat. Sel dari bakteri ini bersifat gram positif, dan berbentuk bulat (kokus) berukuran diameter 0,5 – 1,5 um, tidak membentuk spora, katalase positif, dan biasanya sel-selnya terdapat dalam kelompok seperti buah anggur. Akan tetapi, juga mungkin terdapat secara terpisah (tunggal), membentuk pasangan atau dalam jumlah 4 sel (terad). *Staphylococcus aureus* tahan terhadap lisis yang disebabkan oleh enzim lysozim, dan memproduksi enzim fostaferase dan deoksiribonuklease (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:139-140).

Staphylococcus aureus hidup sebagai saprofit di dalam saluran-saluran pengeluaran lendir dari tubuh manusia dan hewan seperti hidung, mulut dan tenggorokan, dan dapat dikeluarkan pada waktu batuk atau bersin. Bakteri ini juga sering terdapat pada pori-pori dan permukaan kulit, kelenjar keringat, dan saluran usus. Selain dapat menyebabkan intoksikasi, *Staphylococcus* juga dapat menyebabkan bermacam-macam infeksi seperti jerawat, bisul, meningitis,

osteomielitis, pneumonia, dan mastitis pada manusia dan hewan (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:141).

Selain memproduksi koagulase, yaitu suatu enzim yang dapat menggumpalkan plasma, *Staphylococcus aureus* juga dapat memproduksi berbagai toksin, di antaranya: (1) eksotosin- α yang sangat beracun, (2) toksin- β yang terdiri dari hemolisin, yaitu suatu komponen yang dapat menyebabkan lisis pada sel darah merah, (3) toksin F dan S, yang merupakan protein eksoseluler dan bersifat leukositik, (4) hialuronidase, yaitu suatu enzim yang dapat memecah asam hyaluronat di dalam tenunan sehingga mempermudah penyebaran bakteri ke seluruh tubuh, dan (5) suatu grup enterotoksin yang terdiri dari protein sederhana (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:140).

Enterotoksin pada umumnya diproduksi oleh *Staphylococcus aureus* di dalam makanan basah yang sudah pernah dimasak atau dpanaskan. Jenis makanan yang dapat ditumbuhi *Staphylococcus aureus* misalnya daging dan ikan yang telah dimasak dan diolah, salad, hasil olah-olah telur, krim, makaroni, susu, keju, dan hasil olahan sayur yang mengandung daging atau kaldu. Kontaminasi pada susu dan hasil-hasil olahannya dapat berasal dari infeksi mastitis pada sapi perahannya. Meskipun telah dimasak, makanan-makanan tersebut masih mungkin mengalami kontaminasi. Misalnya, oleh tangan atau lingkungan selama penyimpanan sebelum dikonsumsi. Berbeda

dengan keracunan mikroba lainnya, keracunan *Staphylococcus* hampir selalu berasal dari makanan yang telah dimasak. Hal ini disebabkan karena pada makanan yang telah dimasak, jumlah mikroba lain yang dapat menghambat pertumbuhannya sudah sangat kurang. (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:142).

Meskipun beberapa strain *Staphylococcus aureus* masih dapat tumbuh pada suhu $7^{\circ}C$, enterotoksin hanya dapat diproduksi pada suhu $10 - 46^{\circ}C$, dengan suhu optimum $37 - 40^{\circ}C$ selama 24-72 jam. Suhu optimum untuk produksi enterotoksin B, C dan E adalah $40^{\circ}C$. Pada suhu $20^{\circ}C$ atau lebih rendah, produksi enterotoksin sangat terhambat, meskipun kecepatan pertumbuhan selnya tidak banyak berbeda dengan suhu $40^{\circ}C$. (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:143).

Enterotoksin *Staphylococcus* adalah suatu toksin yang tahan panas dan masih dapat aktif setelah dipanaskan selama 1 jam pada suhu $100^{\circ}C$. Enterotoksin terdiri dari protein yang berwarna putih, bersifat higroskopis, dan larut dalam air maupun larutan garam. Enterotoksin merupakan suatu ikatan polipeptida tunggal yang banyak mengandung lysin, aspartat, glutamat, dan tyrosin. (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:145).

Staphylococcus aureus bersifat koagulase positif, yang membedakannya dari spesies lain. *Staphylococcus aureus* adalah patogen utama pada manusia. Hampir setiap orang pernah mengalami

berbagai infeksi *Staphylococcus aureus* selama hidupnya, dari keracunan makanan yang berat atau infeksi kulit yang kecil, sampai infeksi yang tidak bisa disembuhkan. Stafilokokus koagulase negatif merupakan flora normal manusia dan kadang-kadang menyebabkan infeksi, seringkali hal ini berhubungan dengan alat-alat yang ditanam, khususnya pada pasien yang muda, sangat tua dan yang mengalami penurunan daya tahan tubuh (Brooks, G.F, dkk., 2005: 317).

b. **Patogenesis**

Kemampuan patogenik dari galur *Staphylococcus aureus* adalah pengaruh gabungan antara faktor ekstra seluler dan toksin bersama dengan sifat daya sebar invasif. Pada satu sisi semata-mata diakibatkan oleh ingesti enterotoksin, pada sisi lain adalah bakterimia dan penyebaran abses pada berbagai organ. Peranan berbagai bahan ekstraseluler pada patogenesis berasal dari sifat masing-masing bahan tersebut (Brooks, G.F, dkk., 2005: 322).

Staphylococcus aureus dapat menyebabkan pneumonia, meningitis, empiema, endokarditis atau sepsis dengan sapurasi di tiap organ. Stafilokokus yang mempunyai kemampuan invasi yang rendah, terlibat dalam banyak infeksi kulit (misalnya akne, pioderma atau impetigo). Stafilokokus juga menyebabkan penyakit melalui produksi toksin, tanpa infeksi invasif yang nyata (Brooks, G.F, dkk., 2005: 323). Jika *Staphylococcus aureus* menyebar dan terjadi bakterimia, maka bisa terjadi endokarditis, osteomielitis hematogenus akut,

meningitis atau infeksi paru-paru dapat dihasilkan. Manifestasi klinik mirip dengan yang tampak pada infeksi sistemik. Lokalisasi sekunder dalam organ atau sistem disertai simtom dan tanda pada disfungsi organ dan sapurasi fokal (Brooks, G.F, dkk., 2005: 323).

Staphylococcus yang patogen sering menghemolisis darah, mengkoagulasi plasma dan menghasilkan berbagai enzim ekstraseluler dan toksin. Bentuk keracunan makanan paling sering disebabkan oleh enterotoksin stafilokokal yang stabil terhadap panas. Stafilokokus cepat menjadi resisten terhadap beberapa antimikroba dan ini merupakan masalah besar pada terapi.(Brooks, G.F, dkk., 2005: 317).

Setiap individu berbeda dalam ketahanan terhadap keracunan *Staphylococcus*. Kebanyakan binatang tahan terhadap racun *Staphylococcus*, sehingga sangat sukar untuk dilakukan penelitian. Walaupun sudah pernah dilakukan percobaan pada kucing dan kera, penelitian oleh Bergdoll (1970) menyatakan bahwa voluntir yang diberi enterotoksin B sebanyak 1 dan 10 μ g tidak menunjukkan gejala keracunan. Sedangkan dosis sebanyak 50 μ g (50% murni) akan menimbulkan gejala-gejala keracunan dalam waktu 2-4 jam setelah mengkonsumsi. Beberapa penelitian lainnya menyatakan bahwa letusan *Staphylococcus* umumnya disebabkan oleh tertelannya enterotoksin dalam jumlah 0,5-10 μ g/g makanan.

Mekanisme terjadinya keracunan di dalam tubuh belum diketahui dengan pasti. Tetapi dari gejala-gejala yang ditimbulkan, yaitu muntah-muntah dan diare, dapat diduga bahwa toksin tersebut menyebabkan kerusakan pada alat pencernaan. Bagian yang diserang belum diketahui secara pasti. Tetapi telah dibuktikan bahwa enterotoksin dapat menyebabkan enterokolitis pada kucing dan anjing. Gejala enterokolitis yang timbul bergantung kepada dosis yang tertelan. Makin besar toksin yang tertelan, makin parah gejala yang ditimbulkan.

Pengaruh enterotoksin dapat terlihat pada seluruh bagian saluran usus. Parah atau tidaknya gejala keracunan bergantung kepada dosis yang tertelan dan ketahanan penderita, yaitu dari yang ringan sampai yang sangat parah. Kadang-kadang dapat pula menyebabkan kematian, tetapi sangat jarang terjadi. Gejala-gejala keracunan tersebut meliputi perasaan letih, muntah, diare, mual, kejang-kejang ringan maupun berat, shok, pingsan, kadang-kadang terjadi penurunan suhu badan. Jika lebih parah lagi akan menyebabkan kematian. Gejala tersebut biasanya timbul 1-6 jam setelah menelan toksin, dengan rata-rata 2-4 jam, atau mungkin lebih cepat lagi jika jumlah toksin yang tertelan tinggi sekali. Gejala lain yang sering timbul adalah penurunan tekanan darah. Selama menderita keracunan, tubuh mengadakan reaksi dengan jalan mengeluarkan cairan dari semua jaringan tubuh. Sehingga penderita mengalami kehilangan berat badan 7-9 kg. Hal ini

mengakibatkan penderita mendapat gangguan dalam keseimbangan kadar garam di dalam darah dan cairan tubuh, akibatnya penderita menjadi lemah dan kadang pingsan. Dalam keadaan demikian, penderita harus dijaga agar tetap hangat dan diberi larutan garam fisiologik untuk mempertahankan cairan tubuh. Gejala-gejala tersebut jika mendapat pertolongan dengan baik biasanya berhenti setelah 12-24 jam, tetapi biasanya penderita masih merasa lemah (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:147-148).

c. Pengobatan

Untuk pencegahan keracunan *Staphylococcus*, tindakan utama yang harus dilakukan adalah mencegah terjadinya kontaminasi makanan oleh *Staphylococcus*, dan menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri yang telah terlanjur mencemari makanan. Kontaminasi dapat dicegah dengan menjaga kebersihan atau sanitasi yang baik, dan dengan menggunakan bahan mentah yang tidak terkontaminasi. Misalnya tidak menggunakan susu mentah, tetapi susu yang telah dipasteurisasi, serta menjaga pekerjaan atau pengolahan makanan terhadap kontaminasi pada makanan. Pertumbuhan bakter dapat dicegah dengan melakukan pendinginan, menurunkan pH makanan, atau dengan penambahan komponen yang bersifat bakteriostatik, misalnya antibiotik. (Supardi, Imam & Sukamto, 1999:148-149).

5. Nanopartikel Perak sebagai Anti Bakteri

Perak telah digunakan sejak jaman dahulu dalam bentuk logam perak, perak nitrat, perak sulfadiazine untuk pengobatan luka bakar, luka dan beberapa infeksi bakteri. Tetapi karena munculnya beberapa antibiotik, penggunaan senyawa perak ini telah sangat menurun. Nanoteknologi mendapatkan dorongan luar biasa di abad ini karena kemampuannya memodulasi logam menjadi nanosize, yang secara drastis mengubah sifat kimia, fisik dan optik dari logam. Silver metalik dalam bentuk nanopartikel perak telah membuat *comeback* yang luar biasa sebagai agen antimikroba. Penggunaan nanopartikel perak juga penting, karena beberapa bakteri patogen telah mengembangkan resistensi terhadap berbagai antibiotik. Oleh karena itu, nanopartikel perak telah muncul dengan beragam aplikasi medis mulai dari *dressing* berbasis perak, perangkat obat dilapisi perak, seperti nanogel, nanolotions, dll (Mahendra Rai, dkk., 2012:76).

Kemampuan antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh karakteristik fisik nanomaterial seperti ukuran, bentuk, dan sifat permukaan. Nanopartikel memiliki banyak kegunaan antara lain sebagai detektor, katalis, zat pelapis permukaan, dan antibakteri. Di antara nanopartikel logam, nanopartikel perak banyak mendapat perhatian karena sifat fisik dan kimianya. Perak telah digunakan untuk pengobatan penyakit medis selama lebih dari 100 tahun karena memiliki sifat alami sebagai anti bakteri dan anti jamur serta sifatnya yang tidak toksik terhadap kulit

manusia (Sirajudin, dkk., 2016 : 3). Partikel nano perak menunjukkan properti antimikroba yang efisien karena luas permukaannya yang sangat besar, yang memberikan kontak yang lebih baik dengan mikroorganisme. Adalah wajar untuk menyatakan bahwa pengikatan partikel nano ke bakteri tergantung pada interaksi dari luas permukaan yang tersedia. Partikel yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar yang tersedia untuk interaksi dan akan memiliki efek bakterisida yang lebih kuat daripada partikel yang lebih besar (Suryawanshi, 2018: 204).

Kemampuan antibakteri nanopartikel perak antara lain merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel, dan menghambat sintesis sel bakteri. Nanopartikel perak mempunyai aktivitas antibakteri karena luas permukaan yang besar yang memungkinkan untuk kontak yang sangat baik dengan mikroorganisme. Nanopartikel perak mendekat pada membran sel bakteri dan melakukan penetrasi ke dalam bakteri. Selanjutnya nanopartikel perak melakukan difusi dan menyerang rantai pernapasan bakteri, hingga pada akhirnya sel tersebut menjadi mati. Selain itu, mekanisme antibakteri nanopartikel perak secara molekular yaitu adanya interaksi antara ion perak dengan kelompok tiol sulfidril pada protein. Ion perak akan menggantikan kation hidrogen (H^+) dari kelompok tiol sulfidril menghasilkan gugus S-Ag yang lebih stabil pada permukaan sel bakteri. Hal ini dapat menonaktifkan protein, menurunkan permeabilitas membran, dan pada akhirnya menyebabkan kematian selular (Sirajudin, dkk., 2016 : 3).

Sekali partikel nano perak memasuki sel bakteri, mereka akan mengganggu jalur sinyal pertumbuhan bakteri dengan memodulasi fosforilasi tirosin dari substrat peptida putatif yang penting untuk kelangsungan hidup sel dan pembelahan sel. Nanopartikel melepaskan ion perak dalam sel bakteri, yang meningkatkan aktivitas bakterisida mereka. partikel nano perak lebih menyukai menyerang rantai pernapasan, pembelahan sel akhirnya menyebabkan kematian sel (Suryawanshi, 2018: 204).

Mekanisme lain yang diusulkan adalah keterlibatan interaksi partikel nano perak dengan makromolekul biologis seperti enzim dan DNA melalui mekanisme pelepasan elektron. Nanopartikel melekat pada membran sel dan menembus di dalam bakteri. Membran bakteri mengandung belerang yang mengandung protein dan nanopartikel perak berinteraksi dengan protein ini di dalam sel serta dengan fosfor yang mengandung senyawa seperti DNA. Interaksi mereka dapat menyebabkan kerusakan pada DNA dan protein yang mengakibatkan kematian sel. Ag^+ berikatan dengan gugus fungsional protein, menghasilkan denaturasi protein. (Suryawanshi, 2018: 204).

6. Pengukuran Aktivitas Antimikrobia dengan Metode Difusi Kirby – Bauer

Penentuan kepekaan bakteri patogen terhadap antimikrobia dapat dilakukan dengan salah satu dari dua metode pokok yakni dilusi atau difusi. Metode yang paling sering digunakan adalah metode difusi agar.

Cakram kertas saring berisi sejumlah tertentu obat ditempatkan pada permukaan medium padat yang sebelumnya telah diinokulasi bakteri uji pada permukaannya (Brooks, G.F, dkk., 2005: 235). Pemindahan bakteri dari medium lama ke medium yang baru atau yang dikenal dengan istilah inokulasi bakteri ini memerlukan banyak ketelitian. Terlebih dahulu kita harus mengusahakan agar semua alat-alat yang akan digunakan untuk penggeraan medium dan penggeraan inokulasi benar-benar steril. Hal ini untuk menghindari terjadinya kontaminasi, yaitu masuknya mikroba lain yang tidak diinginkan sehingga biakan yang tumbuh di dalam medium adalah benar-benar biakan murni (Umi fatmawati, 2015 : 22-23).

Setelah inkubasi, diameter zona hambatan sekitar cakram dipergunakan mengukur kekuatan hambatan obat terhadap organisme uji (Brooks, G.F, dkk., 2005: 235). Sensitivitas suatu bakteri terhadap antibiotik ditentukan oleh diameter zona hambat yang terbentuk. Semakin besar diameternya maka semakin terhambat pertumbuhannya, sehingga diperlukan standar acuan untuk menentukan apakah bakteri itu resisten atau peka terhadap suatu antibiotik (Umi fatmawati, 2015 : 39). Metode ini dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik dan kimia, selain faktor antara obat dan organisme (misalnya sifat medium dan kemampuan difusi, ukuran molekular dan stabilitas obat). Meskipun demikian, standarisasi faktor-faktor tersebut memungkinkan melakukan uji kepekaan dengan baik. Penggunaan cakram tunggal pada setiap antibiotik dengan standarisasi yang baik, bisa menentukan apakah bakteri peka atau resisten dengan cara

membandingkan zona hambatan standar bagi obat yang sama. Daerah hambatan sekitar cakram yang berisi sejumlah tertentu antimikrobia tidak mencerminkan kepekaan pada obat dengan konsentrasi yang sama per mililiter media, darah atau urin (Brooks, G.F, dkk., 2005: 235). Dibaca hasilnya :

a. *Zona radical*

Suatu daerah di sekitar disk dimana sama sekali tidak ditemukan adanya pertumbuhan bakteri. Potensi antibiotik diukur dengan mengukur diameter dari zona radical.

b. *Zona iradical*

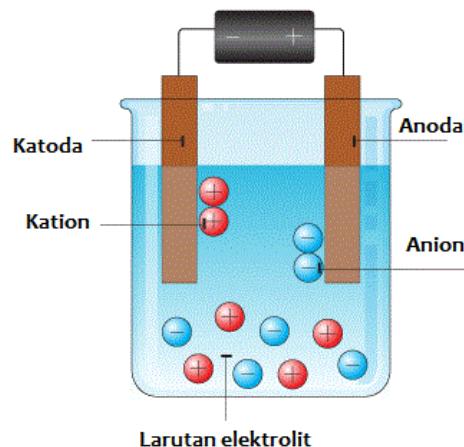
Suatu daerah di sekitar disk yang menunjukkan pertumbuhan bakteri dihambat oleh antibiotik tersebut, tapi tidak dimatikan. Disini akan terlihat adanya pertumbuhan yang kurang subur atau lebih jarang dibanding dengan daerah diluar pengaruh antibiotik tersebut (Wasitaningrum, 2009 : 25-26).

7. Elektrolisis

Reaksi kimia yang tejadi pada elektrode selama terjadinya konduksi listrik disebut elektrolisis dan alat yang digunakan untuk reaksi ini disebut sel elektrolisis (Brady, -: 191). Elektrolisis merupakan suatu proses kimia yang menggunakan energi listrik, agar reaksi kimia yang terjadi secara non spontan dapat berlangsung. Proses ini berlawanan dengan reaksi redoks yang terjadi secara spontan, yang menghasilkan perubahan energi kimia menjadi energi listrik (Chang, 2005: 219). Reaksi kimia yang terjadi dalam

sel elektrolisis disebut reaksi sel. Reaksi ini dapat terjadi dengan cara menambah setengah reaksi anode dan katode sedemikian rupa sehingga jumlah elektron yang hilang dan yang ditambahkan sama (Brady, -: 192).

Berikut disajikan skema dari sel elektrolisis, yaitu:



Gambar 1: Sel Elektrolisis
<http://usaha321.net/elektrolisis-asam-sulfat.html>

Proses elektrolisis adalah suatu peristiwa peruraian dari larutan elektrolit karena dialiri arus listrik searah sehingga terbentuk persenyawaan-persenyaawan baru. Dalam hal ini ion-ion positif akan bergerak ke katoda sedang ion-ion negatifnya akan bergerak ke anoda (Suprabowo, 1988 : 13-14). Anoda merupakan elektroda yang mengalami reaksi oksidasi. Elektroda ini adalah kebalikan dari katoda, dari rangkaian elektrolisis 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, dkk., 1994: 606-607). Elektroda negatif

disebut katoda. Bagian ini terjadi reaksi reduksi (sama dengan pada sel elektrokimia) (Saptarini, 2004: 71).

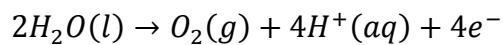
Di katoda dan anoda masing-masing akan mengikat dan melepaskan elektron. Arus listrik searah mengalir dari kutub positif sumber tegangan menuju anoda (berupa logam) lalu masuk ke larutan elektrolit, sehingga larutan elektrolit akan mengalami ionisasi (perlu diingat bahwa larutan elektrolitnya harus disesuaikan dengan anodanya). Setelah larutan elektrolit mengalami ionisasi, ion-ion positif akan bergerak ke arah katoda (berupa logam), di katoda ia akan menangkap elektron sesuai dengan muatannya, sehingga ion-ion tersebut akan membentuk suatu atom dan menempel atau mengendap di katoda. Ion-ion negatif dari larutan elektrolit akan berikatan dengan ion positif dari anoda dan membentuk senyawa yang sama dengan semula (Suprabowo, 1988 : 13-14).

Suatu larutan elektrolit mengandung ion-ion yang menarik ataupun melepaskan elektron-elektron (Keenan, dkk., 1984: 392). 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: 2). Umumnya air adalah pelarut (solven) yang baik untuk senyawa ion dan larutan air yang mengandung zat-zat tertentu akan mempunyai sifat-sifat yang khas, salah satunya adalah dapat menghantarkan arus listrik. Ketika zat larut dalam air, ion-ion yang tadinya terikat kuat dalam zat padatnya akan lepas dan melayang-layang dalam

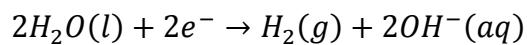
larutan, bebas satu dengan yang lain. Senyawa dikatakan telah terdisosiasi atau melepaskan diri menghasilkan ion-ion. Oleh karena adanya ion-ion bebas inilah yang menyebabkan larutan menjadi konduktor listrik (Brady, - : 191).

Bila semua ion yang semula berada dalam larutan telah diubah menjadi partikel netral, tak ada lagi partikel negatif maupun positif untuk memberikan maupun menerima elektron. Arus tak dapat mengalir (Keenan, dkk., 1984: 393).

Elektrolisis dalam larutan air lebih rumit karena kemampuan air untuk dioksidasi sama dengan direduksi. Reaksi oksidasi air adalah



reaksi reduksi air adalah



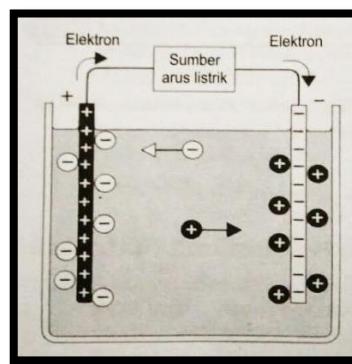
Ketika elektrolisis terjadi dalam larutan air maka ada kemungkinan terjadi reaksi oksidasi dan reduksi air sama dengan reaksi oksidasi dan reduksi zat terlarut. Dengan perkataan lain, pada setiap elektrode terjadi perebutan reaksi. Pada anode kemungkinan terjadi oksidasi air atau anion dan pada katode kemungkinan terjadi reduksi air atau kation. Oleh sebab itu, apa sebetulnya yang terjadi dalam sel elektrolisis adalah pertarungan reaksi (Brady, -: 192). Air tidaklah memainkan bagian yang istimewa dalam menghantar arus, kecuali sekedar menyajikan medium dalam mana ion-ion bergerak (Keenan, dkk., 1984: 393).

8. Konduksi Listrik

Logam merupakan konduktor listrik karena elektron yang ada dalam kisi-kisi logam mudah bergerak. Jadi, apabila elektron dimasukkan ke dalam salah satu ujung kawat mampu bergerak melalui zat padat tersebut dan muncul di ujung lainnya. Bentuk konduksi listrik yang dapat membawa elektron tersebut disebut konduksi bersifat logam. Apabila arus listrik diperoleh dari baterai atau sumber arus listrik langsung, elektrode memperoleh muatan listrik. Setiap elektrode menarik ion yang berlawanan yang ada dalam larutan. Jadi, ion negatif berkumpul pada elektrode positif sehingga setiap elektrode diselubungi selapis ion yang muatannya berlawanan.

Reaksi oksidasi-reduksi pada elektrode menghilangkan ion dari lapisan ion yang ada menyelubungi elektrode. Ketika ion ini digantikan oleh ion lainnya, maka terjadi aliran ion di dalam larutan, dimana ion positif bergerak ke arah elektrode negatif dan ion negatif bergerak langsung ke elektrode positif (Brady, -: 190), seperti disajikan dalam

Gambar 2 berikut:

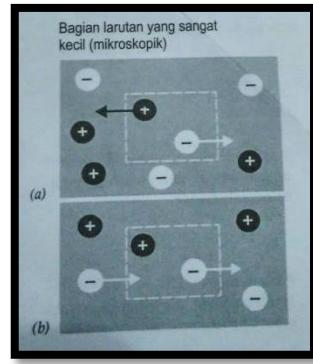


Gambar 2: Reaksi oksidasi-reduksi pada elektrode

Supaya terjadi konduksi listrik, maka reaksi kimia-reaksi redoks harus terjadi pada elektrode. Pada elektrode positif, elektron dikumpulkan dari ion negatif yang berarti terjadi oksidasi. Setiap kali ion negatif teroksidasi, ion ini diganti oleh ion lain dari larutan. Jadi terjadi aliran ion negatif secara teratur dari larutan ke elektrode positif. Elektron yang keluar dari dari ion negatif dipompa melalui kawat luar oleh sumber arus langsung dan dikirim ke elektrode negatif dan diterima oleh ion positif. Hal ini menyebabkan ion positif direduksi. Ion positif lainnya yang ada dalam larutan bergerak ke elektrode ini, jadi terjadi aliran yang teratur ion positif dari larutan ke elektrode negatif.

Efek keseluruhannya adalah terjadinya reaksi redoks, di mana ada aliran elektron melalui kawat luar dan aliran ion dalam larutan, aliran perpindahan ion positif ke elektrode negatif dan perpindahan ion negatif ke elektrode positif. Aliran ion dalam larutan disebut konduksi bersifat listrik.

Apabila ion negatif ke luar, ion positif juga akan ke luar. Apabila ion negatif ke luar, ion negatif lainnya dapat masuk menggantikannya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3: Aliran ion dalam larutan

Dalam konduksi listrik, perpindahan ion terjadi terutama karena adanya muatan listrik positif atau negatif yang sangat labil. Oleh sebab itu, dalam larutan ada kecenderungan untuk mempertahankan ketetralan listrik yang diatur oleh aliran ion. Bahkan dalam larutan yang sangat sedikit, apabila ion negatif keluar, ion positif juga ke luar atau ion negatif lainnya datang untuk menggantikannya (Brady,- : 190-191).

Konduktivitas atau daya hantar listrik (DHL) merupakan ukuran dari kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik. Semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL (Nicola, 2015: 7). Daya hantar listrik suatu larutan bergantung pada jenis dan konsentrasi ion didalam larutan. Daya hantar listrik berhubungan dengan pergerakan suatu ion di dalam larutan ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik yang besar (Nicola, 2015: 8). Semakin besar nilai konduktivitas mengindikasikan semakin banyak mineral yang terkandung dalam air. *TDS* adalah jumlah zat terlarut dengan satuan

(ppm), dan *EC* adalah konduktivitas listrik diukur pada 25°C dengan satuan ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Zamora, dkk., 2015: 11).

9. TDS (*Total Dissolved Solid*)

TDS adalah jumlah zat padat terlarut baik berupa ion-ion organik, senyawa, maupun koloid di dalam air (Zamora, dkk., 2015: 11). TDS menggambarkan jumlah zat terlarut dalam part per million (ppm) atau sama dengan milligram per liter (mg/L) (Lanovia, 2015: 2). Total padatan terlarut merupakan konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Oleh karena itu, analisa total padatan terlarut menyediakan pengukuran kualitatif dari jumlah ion terlarut, tetapi tidak menjelaskan pada sifat atau hubungan ion. Selain itu, pengujian tidak memberikan wawasan dalam masalah kualitas air yang spesifik. Oleh karena itu, analisa total padatan terlarut digunakan sebagai uji indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Sumber padatan terlarut total dapat mencakup semua kation dan anion terlarut (Nicola, 2015: 8).

Klasifikasi air dapat di ketahui berdasarkan jumlah padatan terlarut yang terdapat dalam air tersebut, seperti yang di sajikan dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kualitas air berdasarkan jumlah padatan terlarut
(Leonore *et al.*, 1998)

Nilai TDS terukur (mg/l)	Klasifikasi Air
TDS < 100	Air tunak (<i>Soft water</i>)
TDS = 100-500	Air bersih (<i>fresh water</i>)
TDS = 500-1000	Air sadah karbonat (<i>carbonat hardness water</i>)
TDS = 1000-2000	Air sadah non karbonat (<i>non karbonat hardness water</i>)
TDS = 2000-10.000	Air payau (<i>brackish water</i>)
TDS = 10.000-100.000	Air asin (<i>saline water</i>)
TDS > 100.000	Air garam (<i>brine water</i>)

Konsentrasi TDS yang terionisasi dalam suatu zat cair mempengaruhi konduktivitas listrik zat cair tersebut. Makin tinggi konsentrasi TDS yang terionisasi dalam air, makin besar konduktivitas listrik larutan tersebut. Sementara konsentrasi TDS juga dipengaruhi oleh temperatur (Zamora, dkk., 2015: 11). Nilai TDS biasanya lebih kecil daripada nilai DHL. Pada penentuan nilai TDS, bahan yang mudah menguap (*volatile*) tidak terukur karena melibatkan proses (Nicola, 2015: 8).

10. Spektroskopi UV-Vis

Instrumen yang digunakan untuk mempelajari serapan atau emisi radiasi elektromagnetik sebagai fungsi dari panjang gelombang disebut “spektrometer” atau spektrofotometer. Komponen-komponen pokok dari spektrofotometer meliputi: (1) sumber tenaga radiasi yang stabil, (2) sistem yang terdiri atas lensa-lensa, cermin, celah-celah dan lain-lain, (3) monokromator untuk mengubah radiasi menjadi komponen-komponen

panjang gelombang tunggal, (4) tempat cuplikan yang transparan, (5) detektor radiasi yang dihubungkan dengan sistem meter atau pencatat.

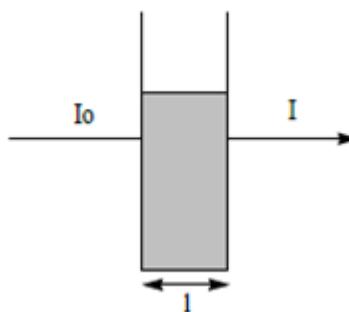
Sumber radiasi yang ideal untuk pengukuran serapan harus menghasilkan spektrum kontinu dengan intensitas yang seragam pada keseluruhan kisaran panjang gelombang yang sedang dipelajari. Monokromator merupakan serangkaian alat optik yang menguraikan radiasi polikromatik menjadi jalur-jalur yang efektif/ panjang gelombang-gelombang tunggalnya dan memisahkan panjang gelombang-gelombang tersebut menjadi jalur-jalur yang sangat sempit. Cuplikan yang akan dipelajari pada daerah ultraviolet atau terlihat yang biasanya berupa gas atau larutan ditempatkan dalam sel atau cuvet. Untuk daerah ultraviolet biasanya digunakan Quartz atau sel dari silika yang dilebur, sedangkan untuk daerah terlihat digunakan gelas basa atau Quartz.

Setiap detektor menyerap tenaga foton yang mengenainya dan mengubah tenaga tersebut untuk dapat diukur secara kuantitatif seperti sebagai arus listrik atau perubahan-perubahan panas (Sastrohamidjojo, 1985: 39-42).

Penyerapan sinar UV-tampak oleh suatu molekul akan menyebabkan transisi di antara tingkat energi elektronik dari molekul. Atas dasar ini, Spektroskopi UV-tampak juga dikenal sebagai Spektroskopi (Spektrometri) Elektronik. Transisi ini dapat terjadi antar orbital ikatan (bonding) atau orbital anti ikatan (anti bonding). Panjang gelombang sinar yang diserap sebanding dengan perbedaan tingkat energi orbital (ΔE) (Panji, 2012: 5)

Menurut Lambert, fraksi penyerapan sinar tidak tergantung pada I (intensitas cahaya), sedangkan Beer menyatakan bahwa serapan sebanding dengan jumlah molekul yang menyerap (Panji, 2012: 6).

Hukum Lambert–Beer menjelaskan mengenai melemahnya intensitas pencahayaan saat melalui suatu medium dengan substansi yang dapat melakukan absorpsi, dapat di lihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4: Larutan yang dilalui cahaya
(<http://unityofscience.org/spektroskopi-glukosa/>)

Bila radiasi elektromagnetik kontinu, misalnya cahaya putih, dilewatkan suatu zat, panjang gelombang tertentu dari radiasi itu mungkin akan diserap. Panjang-panjang gelombang ini karakteristik dari zat-zat yang mengabsorpsi (menyerap) radiasi, dan pola garis-garis gelap ini dirujuk sebagai suatu spektrum absorpsi. Bila dingin, suatu zat akan mengabsorpsi radiasi pada panjang-panjang gelombang, yang sama dengan panjang-panjang gelombang emisinya, bila zat itu panas tereksitasi (Keenan, dkk., 1984: 119).

Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum ultraviolet dan terlihat tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Panjang

gelombang serapan adalah merupakan ukuran dari pemisahan tingkatan-tingkatan tenaga dari orbital-orbital yang bersangkutan (Sastrohamidjojo, 1985: 11). Bila molekul menyerap sinar ultraviolet/terlihat pada tenaga tertentu, mak pertama bahwa hanya satu elektron dipromosikan ke tingkat tenaga yang lebih tinggi, dan bahwa elektron-elektron yang lain tidak terpengaruh (Sastrohamidjojo, 1985: 20). Karena elektron dalam molekul memiliki tenaga yang tak sama, maka tenaga yang diserap dalam proses eksitasi dapat mengakibatkan terjadinya satu atau lebih transisi tergantung pada jenis elektron yang terlihat (Sastrohamidjojo, 1985: 23).

Spektrum serapan sinar *UV-vis* memiliki urgensi dalam menjelaskan terbentuknya nanopartikel perak. Larutan koloid nanopartikel perak memberikan puncak absorpsi pada panjang gelombang di sekitar 400 nm yang menunjukkan puncak serapan permukaan *plasmon* khas nanopartikel perak. Plasmon adalah sifat eksitasi kolektif konduksi elektron pada suatu logam. Hasil pengukuran larutan koloid partikel nano perak pada daerah panjang gelombang 300 – 700 nm Untuk mengetahui kestabilan koloid nanopartikel perak hasil sintesis, maka dilakukan pengukuran spektrum serapan menggunakan spektrofotometer UV-Vis berdasarkan fungsi waktu. Kestabilan larutan koloid nanopartikel perak dapat diketahui dari terjadinya perubahan puncak serapannya. Jika terjadi pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa kestabilan larutan koloid nano perak rendah dikarenakan telah terjadi peristiwa aglomerasi (Wahyudi, dkk., 2011: 57-58).

Secara umum, karena ukuran partikel menjadi lebih besar puncak plasmon bergeser ke panjang gelombang yang lebih besar, seperti pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Kisaran ukuran partikel dengan panjang gelombang partikel untuk nanopartikel perak

(Solomon,dkk. 2007: 323)

No	Ukuran Partikel (nm)	Kisaran Lamda (nm)
1	10-14	395-405
2	35-50	420
3	60-80	438

11. Susu

Umumnya susu adalah hasil sekresi kelenjar susu (lacteal) yang bebas kolostrum dan diperoleh dari usaha pemerasan susu sapi sehat dan mengandung minimal 3,25% lemak susu dan 8,25% padatan lain. Susu yang baik umumnya mengandung komponen sebagai berikut: 3,25% lemak susu, 3,2% protein (kaseindan laktalbumin), 5% laktosa dan 1% abu. Sebagian besar penyusun susu adalah air (Kuswanto, 1989: 146).

Antimikroba alami dalam susu adalah aglutinin dan sistem enzim laktoperoksidase-isotiosinat. Aglutinin dapat menyebabkan penggumpalan, hambatan metabolisme, dan pertumbuhan sel biakan pemula. Susu juga dapat mengandung antibiotik yang berasal dari pakan atau ternak terinfeksi, seperti mastitis yang diberi antibiotik. Antibiotik berpengaruh terhadap pertumbuhan biakan pemula (Sopandi & Wardah, 2014: 233). Mikroba yang terdapat dalam susu berpotensi untuk menyebabkan kerusakan susu

dengan memetabolisme laktoa, komponen protein, asam lemak tidak jenuh, dan menghidrolisis trigliserida (Sopandi & Wardah, 2014: 361).

Susu yang baru diperah dari sapi sehat, memiliki bahan germisida atau bakteriostatic yang terbatas. Namun demikian penghambatan pertumbuhan mikroba ini sangat tidak berarti dalam dunia persusuan modern. Oleh sebab itu, cara penanganan modern perlu ditempuh misalnya dengan pendinginan atau pemanasan. Dalam suhu $0,5 - 5,5^{\circ}\text{C}$ pertumbuhan mikroflora dapat dihambat, namun perubahan-perubahan yang tidak dikehendaki masih tetap terjadi dalam beberapa hari. Pemanasan juga dapat membunuh beberapa jenis bakteri (terutama yang psikotroph), tetapi enzim-enzim yang sudah terlanjur sudah ada dalam susu dapat menyebabkan kerusakan selama penyimpanan.

Sumber kontaminasi susu dapat berasal dari jaringan susu yang sakit (mastitis atau pembengkakan pada jaringan susu) berupa *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Coliform*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium*, *Clostridium*, *Mycobacterium*, *Nocardia*. Sumber kontaminasi lain adalah permukaan tubuh hewan, alat penanganan seperti ember, pipa saringan, tangan pemerah, kandang, udara dan lain-lain (Kuswanto, 1989: 147).

Kerusakan susu mentah umumnya disebabkan oleh mikroorganisme. Proses yang biasa terjadi adalah pengasaman (*souring*) oleh *Streptococcus lactis* yang mengubah laktosa menjadi asam laktat. Kalau terjadi yeast (khamir) asam laktat dapat berubah menjadi alkohol yang mudah dideteksi panca indera. Kerusakan lain yaitu susu menjadi berlendir kalau

disentuh dengan jari dan diangkat membentuk benang lendir (*ropiness*). Jenis kerusakan yang mudah dideteksi adalah bau tengik, bau ragi, pahit, busuk sampai ke warna ungu atau kemerahan. Biasanya perubahan fisik maupun organoleptis mudah tampak apabila populasi mikrobia mencapai 5-20 juta setiap milimeter susu (Kuswanto, 1989: 147).

Nilai pH merupakan salah satu indikasi kerusakan pada susu. Nilai pH yang berbeda dapat disebabkan oleh kandungan susu segar yang baru diperah seperti CO_2 , fosfat, sitrat dan protein. Beberapa senyawa ini mempengaruhi kemampuan buffer susu. Buffer susu dapat menghambat kerusakan susu yang diindikasikan dengan perubahan pH dan keasaman susu. Nilai pH akan berubah menjadi asam jika terjadi aktivitas bakteri, maka nilai pH akan menurun di bawah nilai normal 6,5-6,7, sedangkan nilai pH lebih tinggi dari 6,7 biasanya menunjukkan kemungkinan adanya mastitis (Ratya, dkk., 2017: 3).

B. Kerangka Berfikir

Penelitian ini dibagi dalam tiga fase, yaitu pertama fase produksi, kedua fase karakterisasi, dan ketiga fase aplikasi. Pada fase produksi, yaitu membuat sampel nanopartikel perak secara elektrolisis dengan variasi tegangan 10 volt, 20 volt, 30 volt dan 40 volt. Dimana untuk setiap variasi tegangan tersebut dilakukan pengukuran konsentrasi (ppm) dan konduktivitas listrik dengan menggunakan TDS meter setiap rentang waktu 20 menit hingga diperoleh waktu 160 menit. Untuk fase karakterisasi, dilakukan uji UV-Vis dengan

variasi konsentrasi larutan untuk memastikan apakah larutan yang dihasilkan menunjukkan panjang gelombang serapan untuk nanopartikel perak. Selanjutnya dalam fase aplikasi, dilakukan dua uji yaitu uji sampel nanopartikel perak pada susu dan uji daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi kirby-bauer.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

- a. Pembuatan nanopartikel perak dengan metode elektrolisis dilakukan di Laboratorium Koloid, Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- b. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia lantai 2, Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- c. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan di Laboratorium Koloid, Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- d. Pengujian daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan mulai April 2017 sampai dengan Januari 2018. Sebelum dilakukan penelitian, telah dilakukan studi literatur dan diskusi yang dimulai pada Februari 2017.

B. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini variabel yang diteliti adalah

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab berubahnya suatu variabel lain yaitu variabel terikat.

a. Pembuatan Nanopartikel Perak

Variabel bebas dalam pembuatan nanopartikel perak ini adalah variasi tegangan dan lama waktu dalam proses elektrolisis.

b. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Variabel bebas dalam pengujian ini adalah konsentrasi nanopartikel perak yang digunakan.

c. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan

Variabel bebas dalam pengujian ini adalah volume nanopartikel perak.

d. Pengujian daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Variabel bebas dalam pengujian ini adalah konsentrasi nanopartikel perak.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi akibat adanya variabel lain yaitu variabel bebas.

a. Pembuatan Nanopartikel Perak

Variabel terikat dalam pembuatan nanopartikel perak ini adalah hasil tds dalam ppm dan konduktivitas listrik

b. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Variabel terikat dalam pengujian ini adalah berupa grafik hubungan antara rentang panjang gelombang serapan dengan absorbansi pada sampel larutan

c. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan

Variabel terikat dalam pengujian ini adalah pH susu

d. Pengujian daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Variabel terikat dalam pengujian ini adalah diameter zona bening

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat sama sehingga tidak mempengaruhi variabel terikat

a. Pembuatan Nanopartikel Perak

Variabel kontrol dalam pengujian ini adalah volume akuades (yaitu 270 ml), jarak antar elektroda (yaitu 1 cm) dan elektroda yang digunakan pada proses elektolisis (yaitu perak).

b. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Variabel kontrol dalam pengujian ini adalah rentang panjang gelombang yang di set pada alat, yaitu 200- 800 nm.

c. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan

Variabel kontrol dalam pengujian ini adalah volume susu yang digunakan.

d. Pengujian daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Variabel kontrol dalam pengujian ini adalah media dan bakteri yang digunakan.

C. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui hasil nanopartikel perak yang dibuat dengan teknik elektrolisis dan daya hambat nanopartikel perak hasil elektrolisis terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

D. Alat dan Bahan

1. Alat-alat penelitian

a. Pembuatan Nanopartikel Perak

- 1) *Power supply*
- 2) Gelas ukur
- 3) *Beaker Glass*
- 4) Gelas bening (untuk elektrolisis)

- 5) TDS Meter
- 6) Papan penyangga logam perak
- 7) Termometer
- 8) Timbangan
- 9) Kabel
- 10) Penjepit buaya
- 11) Botol sampel
- 12) Penggaris
- 13) *Stopwatch*

b. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis

- 1) spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 2550

c. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan

- 1) Gelas
- 2) pH meter
- 3) Gelas ukur

d. Pengujian daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri

Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus

- 1) cawan petri (10 buah)
- 2) pengaduk larutan (1 buah)
- 3) *erlenmeyer* 250 ml (2 buah)
- 4) jangka sorong (1 buah)

- 5) neraca digital (1 buah)
- 6) *magnetic stirrer* (1 buah)
- 7) autoklaf (1 buah)
- 8) *laminar air flow* (1 buah)
- 9) kertas payung (2 lembar)
- 10) jarum inokulum / ose (2 buah)
- 11) karet gelang
- 12) *dry galsky* (1 buah)
- 13) mikropipet (1 buah)
- 14) pisau (1 buah)
- 15) seker (1 buah)
- 16) bunsen (1 buah)
- 17) korek api (1 buah)
- 18) plastik wrap
- 19) kertas saring
- 20) *tissue*
- 21) kapas

2. Bahan-bahan penelitian

a. Pembuatan Nanopartikel Perak

- 1) Logam perak
- 2) Akuades

b. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis

- 1) Sampel nanopartikel perak

c. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan

- 1) Susu**
- 2) Nanopartikel perak**

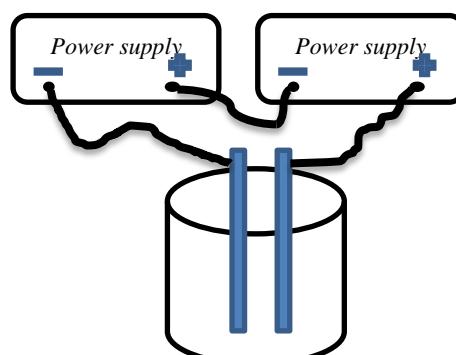
d. Pengujian daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

- 1) Serbuk NA (4,2 gram)**
- 2) Serbuk NB (1,95 gram)**
- 3) Alkohol 70%**
- 4) Akuades**
- 5) Sampel nanopartikel perak**

E. Langkah Penelitian

1. Pembuatan sampel nanopartikel perak dari hasil elektrolisis logam perak

Pada proses pembuatan nanopartikel perak dilakukan dengan cara elektrolisis, seperti pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5 : Skema alat dalam pembuatan nanopartikel perak secara elektrolisis

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Mengukur volume aquades sebanyak 270 ml dengan gelas ukur, kemudian menuangkannya ke gelas bening (wadah yang digunakan untuk proses elektrolisis).
- c. Mengatur posisi logam perak sebagai elektroda pada papan penyangga dengan jarak antar elektroda 1cm, dan memastikan panjang logam perak yang tercelup adalah sama.
- d. Mengatur voltase 10 volt pada *power supply*, menyambungkan sumber pada kedua elektroda.
- e. Mengatur stopwatch dengan rentang 10 menit.
- f. Memastikan semua sistem sudah terpasang, dan memulai elektrolisis.
- g. Mengukur konsentrasi (ppm) dan konduktivitas listrik larutan hasil elektrolisis tersebut dengan TDS meter setelah 10 menit.
- h. Mengulang langkah e – g hingga diperoleh waktu 160 menit, dengan rentang setiap 20 menit dilakukan pengukuran konsentrasi (ppm) dan konduktivitas listrik menggunakan TDS meter.
- i. Mengulang langkah d – h dengan mengubah voltase dengan kenaikan variasi tegangan 10 volt hingga diperoleh 40 volt.

2. Pengujian spektrofotometer UV-Vis

Sampel hasil elektrolisis logam perak kemudian diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengujian dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang serapan saat absorbansi maksimum terhadap sampel nanopartikel perak.

3. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan

- a. Mengukur volume susu sebesar 30 ml ditempatkan pada sebuah wadah, sebanyak 4 wadah.
- b. Mengukur volume nanopartikel perak yang akan ditambahkan, yaitu sebesar 5 ml, 15 ml, 25 ml.
- c. Mencampur nanopartikel perak pada wadah yang telah berisi susu yaitu pada wadah 1 dicampur nanopartikel perak sebesar 5 ml, wadah 2 dicampur nanopartikel perak sebesar 15 ml, wadah 3 dicampur nanopartikel perak sebesar 25 ml, dan wadah 4 tidak dicampur dengan nanopartikel perak.
- d. Mengukur pH susu untuk setiap wadah dengan pH meter setiap harinya hingga 5 hari.

4. Pengujian daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

a. Pembuatan Nutrient Agar dan Nutrient Broth

- 1) Pembuatan Nutrient Agar
 - a) Menimbang serbuk NA sebanyak 4,2 gram menggunakan neraca analitis.
 - b) Melarutkan serbuk NA dengan 150 ml akuades.
 - c) Menghomogenkan larutan NA dengan menggunakan *magnetic stirrer*.

- d) Memindahkan larutan NA ke dalam *erlenmeyer* kemudian menutupnya dengan kapas dan kertas payung lalu diikat dengan karet gelang.
- e) Mensterilkan media dengan autoklaf selama 30 menit.

2) Pembuatan *Nutrient Broth*

- a) Menimbang serbuk NB sebanyak 1,95 gram menggunakan neraca analiti.
- b) Melarutkan serbuk NB dengan akuades 150 ml.
- f) Memindahkan larutan NB ke dalam botol kemudian menutupnya dengan kapas dan kertas payung lalu diikat dengan karet gelang.
- c) Mensterilkan media dengan autoklaf selama 30 menit.

b. Sterilisasi Alat dan Bahan

1) Sterilisasi Alat

- a) Menyiapkan alat-alat yang digunakan dalam pengujian.
- b) Membungkus cawan petri menggunakan kertas payung dengan rapat kemudian diikat menggunakan karet gelang.
- c) Menutup mulut botol (yang nantinya akan digunakan sebagai wadah larutan NB) dengan kapas dan kertas payung dengan rapat kemudian diikat menggunakan karet gelang.
- d) Memasukkan alat-alat tersebut ke dalam autoklaf dengan penataan yang rapi.
- e) Mensterilkan alat dengan autoklaf selama 1 jam.

- f) Mengeluarkan alat-alat tersebut dari autoklaf setelah suhu turun ditandai dengan bunyi alarm.

2) Sterilisasi Bahan

- a) Menyiapkan bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian.
- b) Menutup mulut erlenmeyer (yang di dalamnya terdapat larutan NA) menggunakan kapas kemudian membungkusnya menggunakan kertas payung lalu diikat dengan karet gelang.
- c) Menutup mulut botol (yang di dalamnya terdapat larutan NB) menggunakan kapas kemudian membungkusnya menggunakan kertas payung lalu diikat dengan karet gelang.
- d) Memasukkan kertas saring pada sebuah wadah kemudian menutupnya menggunakan kertas payung dengan rapat lalu mengikatnya menggunakan karet gelang.
- e) Memasukkan bahan-bahan tersebut ke dalam autoklaf dengan penataan yang rapi.
- f) Mensterilkan alat dengan autoklaf selama 1 jam.
- g) Mengeluarkan alat-alat tersebut dari autoklaf setelah suhu turun ditandai dengan bunyi alarm.

c. Peremajaan Bakteri

- 1) Menyemprotkan alkohol 70% pada tangan dan meja yang akan digunakan untuk pengujian agar berada dalam kondisi steril.
- 2) Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- 3) Menyalakan api bunsen.

- 4) Mengusahakan setiap bagian alat yang diharapkan dalam kondisi steril didekatkan ke bagian api.
- 5) Memijarkan ose bulat pada api, tunggu hingga tidak panas.
- 6) Mengambil bakteri yang sudah ada pada media agar miring dengan ose bulat tersebut.
- 7) Menaruh atau mencelupkan ose bulat tersebut ke dalam botol yang berisi larutan NB.
- 8) Melidahapikan mulut/ pinggir cawan petri dengan maksud agar bakteri yang melekat mati, tutup botol menggunakan kapas dengan rapat.
- 9) Mengulang langkah 4-8 untuk bakteri lainnya.
- 10) Menaruh botol berisi larutan NB yang sudah diidi bakteri pada seker, nyalakan selama 1 hari.
- 11) Setelah 1 hari larutan NB berubah keruh, menandakan bakteri sudah berkembang biak dan siap digunakan.

d. Penuangan Media Agar

- 1) Menyalakan *laminar air flow* dengan menyambungkan kabel pada aliran listrik.
- 2) Menyemprotkan alkohol 70% pada tangan dan meja pada *laminar air flow* yang akan digunakan untuk pengujian agar berada dalam kondisi steril.
- 3) Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan ke dalam *laminar air flow* Menyalakan api bunsen.

- 4) Sebelum membuka erlenmeyer dan cawan petri sebaiknya bagian mulut (bagian yang memungkinkan kontaminan masuk) dibakar /dilewatkan api terlebih dahulu.
- 5) Membuka *erlenmeyer* yang berisi larutan NA kemudian melidahapikan mulut/ pinggir *erlenmeyer* tersebut dengan tangan kanan, kemudian dengan tangan kiri mengambil cawan petri dan membukanya sedikit lalu melidahapikan bagian cawan petri yang terbuka tersebut.
- 6) Menuangkan larutan NA pada *erlenmeyer* ke dalam cawan petri, usahakan kedua bagian alat yang terbuka tersebut didekatkan ke api dengan maksud agar bakteri yang melekat mati.
- 7) Menutup cawan petri yang sudah berisi larutan NA dan melidahapikan semua bagian mulut atau pinggirnya kemudian meletakkan cawan petri tersebut, usahakan jangan digoyangkan dengan maksud media agar tersebut rata.
- 8) Mengulang langkah 6-8 untuk cawan petri lainnya.
- 9) Menunggu media agar tersebut hingga padat.

e. Pengembangbiakan Bakteri pada Media Agar

- 1) Menyalakan *laminar air flow* dengan menyambungkan kabel pada aliran listrik.
- 2) Menekan tombol untuk menghidupkan lampu UV, menutup ruangan dan tunggu selama 15 menit.

- 3) Mengambil cawan petri yang berisi media agar dan membaginya menjadi 4 kuadran selagi menunggu proses UV dan diberi label masing-masing sesuai perlakuan.
- 4) Menyemprotkan alkohol 70% pada tangan dan meja pada *laminar air flow* yang akan digunakan untuk pengujian agar berada dalam kondisi steril.
- 5) Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan ke dalam *laminar air flow*.
- 6) Menyalakan api bunsen.
- 7) Mencelupkan dry galsky dan pinset ke dalam alkohol terlebih dahulu lalu dibakar untuk setiap digunakan pada perlakuan yang berbeda.
- 8) Drygalsky dan pinset yang sudah dipijarkan harus ditunggu dingin sebelum digunakan.
- 9) Mengusahakan setiap bagian alat yang diharapkan dalam kondisi steril didekatkan ke bagian api.
- 10) Mengambil biakan bakteri *Escherichia coli* dengan menggunakan mikropipet sebanyak 0,1 ml, lalu diratakan pada permukaan medium dengan menggunakan dry galsky.
- 11) Melakukan inokulasi bakteri biakan, yaitu dengan menempatkan kertas saring yang sudah direndam pada sampel variasi konsentransi 5 ppm ke setiap kuadran pada cawan petri tersebut.

- 12) Melidahapikan mulut/ pinggir cawan petri dengan maksud agar bakteri yang melekat mati.
- 13) Mengulang langkah 10-12 untuk sampel variasi konsentrasi lainnya.
- 14) Mengulang langkah 7-13 untuk biakan bakteri *Staphylococcus aureus*.
- 15) Menyimpan cawan petri di ruangan yang steril pada suhu ruang.
- 16) Setelah kurang lebih 1 hari, melihat perkembanganya dan menghitung diameter zona bening bakteri pada setiap kuadran menggunakan jangka sorong dengan pengulangan 3 kali setiap kuadran.
- 17) Mencatat dalam tabel data pengamatan.

F. Teknik Analisis Data

Data yang didapatkan selama penelitian diolah dengan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Pembuatan sampel nanopartikel perak dari hasil elektrolisis logam perak akan diperoleh data hasil berupa jumlah partikel terlarut (ppm) dan konduktivitas listrik dengan menggunakan TDS Meter.

No	waktu (menit)	TDS (ppm)	Ec
1	0
2	20
...
...
8	160

Data yang diperoleh pada tabel tersebut menunjukkan untuk hasil pada tegangan tertentu, selanjutnya dibuat juga grafik hubungan antara tegangan dengan konsentrasi nanopartikel perak (ppm) yang dihasilkan pada semua tegangan yang digunakan. Sama halnya untuk pengukuran konduktivitas istrik.

2. Melakukan pengujian sampel nanopartikel perak dengan konsentrasi tertentu dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengujian diperoleh data hasil berupa grafik hubungan antara panjang gelombang serapan dengan absorbansi pada sampel nanopartikel perak yang digunakan.
3. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan. Hasil pengukuran ini diperoleh nilai pH susu yang telah ditambahkan nanopartikel perak dengan variasi volume.

Volume	Ph				
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5
0					
5					
15					
25					

Hasil pengukuran tersebut kemudian dibuat grafik hubungan antara volume nanopartikel perak yang ditambahkan dengan pH susu.

4. Melakukan pengujian daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Hasil pengujian ini diperoleh data berupa diameter zona bening.

NO	KONSENTRASI	DIAMETER		
		Jam ke-22	Jam ke-44	Jam ke-71
1	5 ppm			
2	10 ppm			
3	15 ppm			
4	20 ppm			
5	25 ppm			

Data yang diperoleh pada tabel tersebut menunjukkan untuk hasil pada bakteri tertentu, untuk bakteri lainnya dilakukan sama sesuai pada tabel tersebut. Hasil pengukuran tersebut kemudian dibuat grafik hubungan antara konsentrasi sampel nanopartikel perak dengan diameter zona bening untuk setiap bakteri.

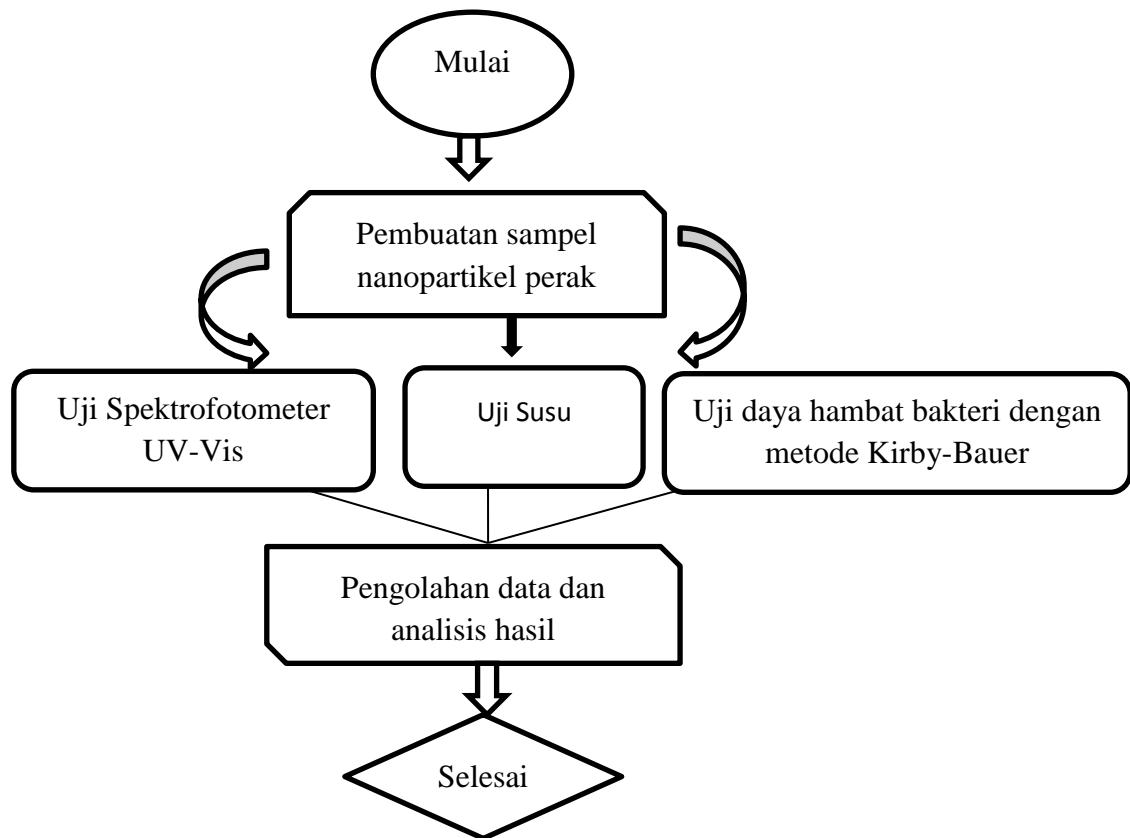
5. Menyimpulkan dari hasil data,

- grafik hubungan antara tegangan dengan konsentrasi nanopartikel perak (ppm) yang dihasilkan pada semua tegangan yang digunakan.
- grafik hubungan antara panjang gelombang serapan dengan absorbansi pada sampel nanopartikel perak yang digunakan.
- grafik hubungan antara konsentrasi sampel nanopartikel perak dengan diameter zona bening untuk setiap bakteri.
- grafik hubungan antara volume nanopartikel perak yang ditambahkan dengan pH susu.

data manakah yang layak digunakan, yaitu pada tegangan berapa untuk menghasilkan konsentrasi sampel nanopartikel tertentu yang efisien untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

G. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini disajikan dalam Gambar 6 berikut:



Gambar 6 : Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dibagi dalam tiga fase, yaitu pertama fase produksi, kedua fase karakterisasi, dan ketiga fase aplikasi. Pada fase produksi, yaitu membuat sampel nanopartikel perak secara elektrolisis dengan variasi tegangan 10 volt, 20 volt, 30 volt dan 40 volt. Untuk setiap variasi tegangan tersebut dilakukan pengukuran konsentrasi (ppm) dan konduktivitas listrik dengan menggunakan TDS meter setiap rentang waktu 20 menit hingga diperoleh waktu 160 menit. Untuk fase karakterisasi, dilakukan uji UV-Vis dengan variasi konsentrasi larutan untuk memastikan apakah larutan yang dihasilkan menunjukkan panjang gelombang serapan untuk nanopartikel perak. Selanjutnya dalam fase aplikasi, dilakukan dua uji yaitu uji sampel nanopartikel perak pada susu dan uji daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi kirby-bauer.

Berikut akan disajikan data hasil dan pembahasan pada penelitian ini, yaitu:

A. Fase Produksi

Pada fase produksi, penelitian dilakukan untuk memperoleh sampel larutan nanopartikel perak dengan cara elektrolisis, diperoleh data sebagai berikut:

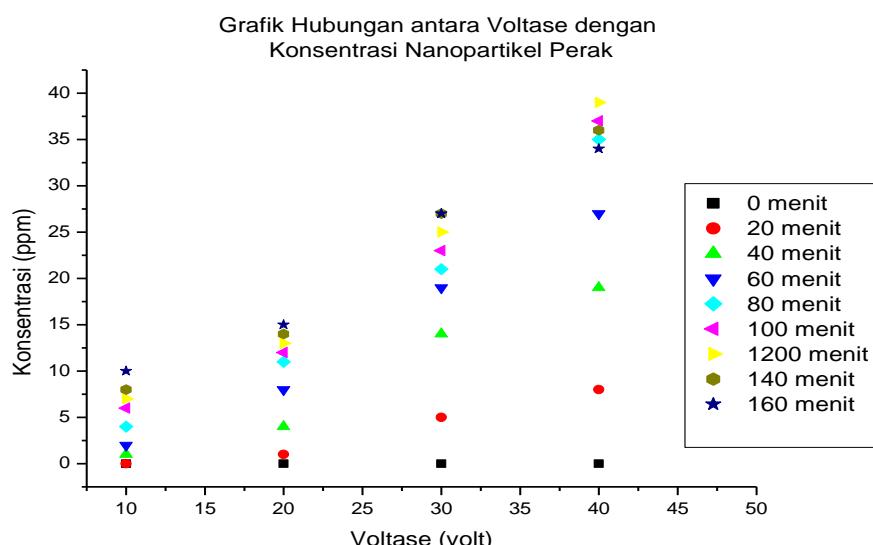
1. Hubungan Voltase dengan Konsentrasi (ppm) larutan Nanopartikel Perak

Dari hasil pengukuran TDS diperoleh konsentrasi nanopartikel perak seperti pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Data konsentrasi (ppm) nanopartikel perak hasil elektrolisis dengan variasi voltase untuk setiap rentang waktu

Tegangan (volt)	Konsentrasi nanopartikel perak ($\pm 0,5$ ppm)								
	0 menit	20 menit	40 menit	60 menit	80 menit	100 menit	120 menit	140 menit	160 menit
10	0	0	1	2	4	6	7	8	10
20	0	1	4	8	11	12	13	14	15
30	0	5	14	19	21	23	25	27	27
40	0	8	19	27	35	37	39	36	34

Dari Tabel 4 dapat diketahui grafik hubungan antara voltase yang digunakan pada proses elektrolisis dengan konsentrasi (ppm) nanopartikel perak, yang disajikan dalam Gambar 7 sebagai berikut :

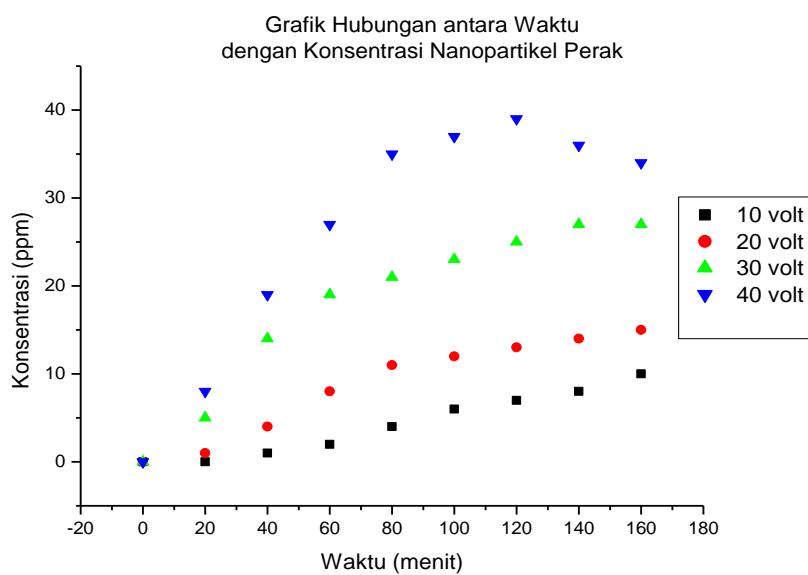


Gambar 7 : Grafik hubungan antara voltase dengan konsentrasi nanopartikel perak

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode elektrolisis dengan variasi tegangan listrik dapat berpengaruh terhadap konsentrasi (ppm) larutan yang dihasilkan, ini mengindikasikan bahwa jumlah padatan yang terlarut semakin banyak seiring peningkatan voltase. Hal ini disebabkan karena apabila voltase atau tegangan diperbesar maka reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) yang terjadi di dalam sel elektrolisis tersebut akan semakin cepat terjadi. Semakin cepat reaksi redoks maka jumlah senyawa organik yang teroksidasi juga akan semakin banyak (Hamid, dkk., 2017: 8).

2. Hubungan Waktu dengan Konsentrasi (ppm) larutan Nanopartikel Perak

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh pada Tabel 4, untuk lebih jelas perbedaan yang ditunjukkan dalam variasi waktu pengukuran, disajikan dalam Gambar 8 berikut :



Gambar 8: Grafik hubungan antara waktu dengan konsentrasi nanopartikel perak

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang ditampilkan dalam bentuk grafik di atas maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode elektrolisis dengan waktu elektrolisis dapat berpengaruh terhadap konsentrasi (ppm) larutan atau jumlah padatan yang terlarut. Hal ini disebabkan karena peningkatan waktu elektrolisis akan memperbanyak ion-ion yang terbentuk antara elektroda dengan larutan akuades. Menurut Hamid, dkk. (2017:11) semakin lama waktu elektrolisis yang digunakan akan menyebabkan terbentuknya jumlah spesies aktif yang semakin bertambah. Bahan-bahan organik yang teroksidasi semakin banyak. Dengan kata lain, semakin lama waktu elektrolisis hasil dari suatu reaksi kimia yang dikehendaki juga akan semakin bertambah. Selain itu waktu yang panjang memberikan kesempatan yang lama untuk berlangsungnya

proses elektrolisis, sehingga makin banyak bahan kimia dalam materi yang dapat dinetralkan.

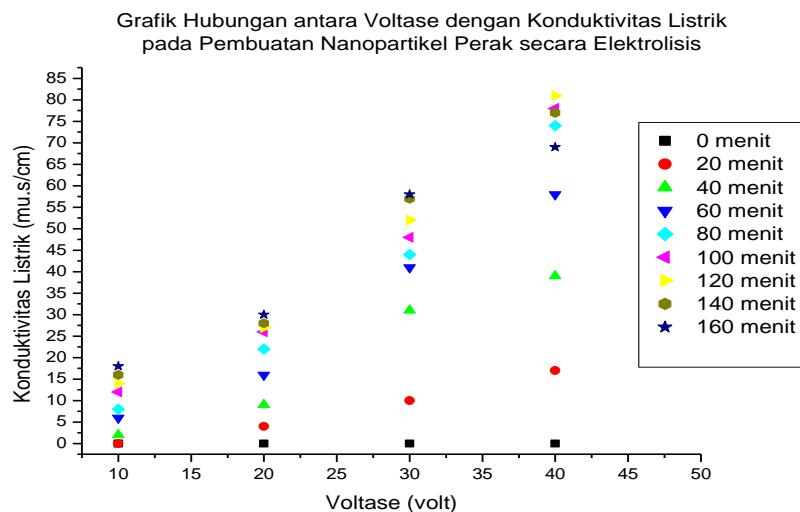
3. Hubungan Voltase dengan Konduktivitas Listrik

Untuk mendukung data yang diperoleh pada penelitian ini dalam fase produksi, maka kami melakukan pengukuran konduktivitas listrik. Dimana larutan yang digunakan pada proses elektrolisis ini adalah akuades. Nilai konduktivitas listrik akuades sebelum dilakukan proses elektrolisis adalah $0 \mu\text{S}/\text{cm}$. Setelah dilakukan proses elektrolisis nilai konduktivitas listrik mengalami perubahan, hal ini menunjukkan bahwa dalam larutan akuades tersebut terdapat ion-ion bebas sehingga dapat menghantarkan listrik yaitu sebagai larutan elektrolit. Selain itu juga mengindikasikan bahwa larutan hasil elektrolisis tersebut merupakan larutan nanopartikel ionik, karena terdapat ion-ion dalam larutan yang dalam hal ini ditunjukkan dengan nilai konduktivitas listrik. Semakin tinggi nilai konduktivitas listrik maka semakin banyak ion dalam larutan tersebut.

Tabel 5. Data konduktivitas listrik hasil elektrolisis dengan variasi voltase untuk setiap rentang waktu

Tegangan	Konduktivitas Listrik ($\pm 0,5 \mu\text{s}/\text{cm}$)								
	0 menit	20 menit	40 menit	60 menit	80 menit	100 menit	120 menit	140 menit	160 menit
10	0	0	2	6	8	12	14	16	18
20	0	4	9	16	22	26	27	28	30
30	0	10	31	41	44	48	52	57	58
40	0	17	39	58	74	78	81	77	69

Dari Tabel 5 dapat diketahui grafik hubungan antara voltase yang digunakan pada proses elektrolisis dengan konduktivitas listrik, yang disajikan dalam Gambar 9 sebagai berikut :



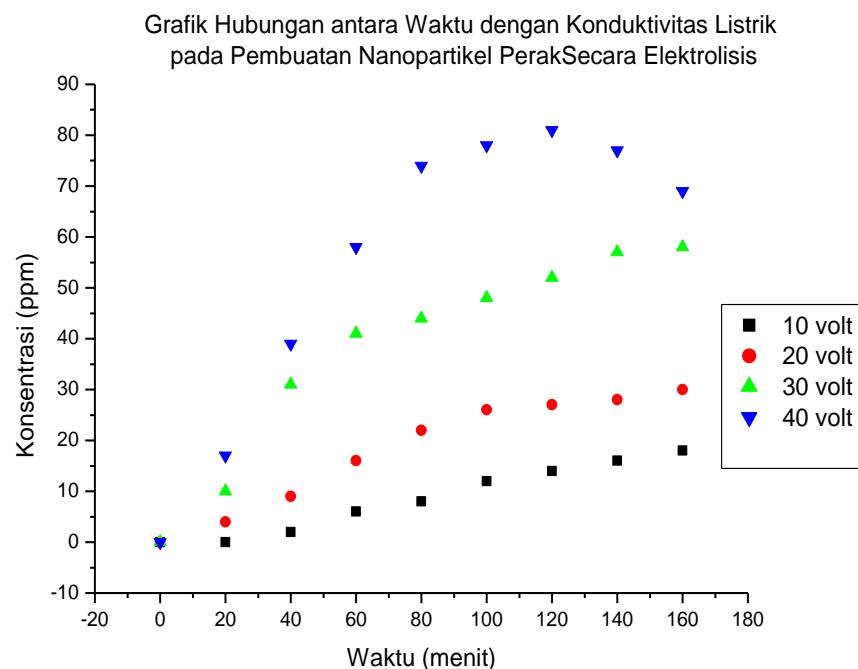
Gambar 9: Grafik hubungan antara voltase dengan konduktivitas listrik

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode elektrolisis dengan variasi tegangan listrik dapat berpengaruh terhadap konduktivitas listrik yang dihasilkan. Pada proses elektrolisis, saat elektroda diberi tegangan listrik maka elektrode memperoleh muatan listrik. Sehingga terjadi reaksi redoks, di mana ada aliran elektron melalui kawat luar dan aliran ion dalam larutan, aliran perpindahan ion positif ke elektrode negatif dan perpindahan ion negatif ke elektrode positif. Aliran ion dalam larutan ini mempunyai kemampuan untuk menghantarkan arus listrik (Brady,- : 190). Menurut Hamid, dkk., (2017: 8) diketahui bahwa apabila voltase atau tegangan diperbesar maka

reaksi redoks yang terjadi didalam sel elektrolisis tersebut akan semakin cepat terjadi. Semakin cepat reaksi redoks maka jumlah senyawa organik yang teroksidasi juga akan semakin banyak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa senyawa dikatakan telah terdisosiasi atau melepaskan diri menghasilkan ion-ion. Oleh karena adanya ion-ion bebas inilah yang menyebabkan larutan menjadi konduktor listrik (Brady, -: 191).

4. Hubungan Waktu dengan Konduktivitas Listrik

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh pada tabel 4, untuk lebih jelas perbedaan yang ditunjukkan dalam variasi waktu pengukuran, disajikan dalam grafik berikut :



Gambar 10 : Grafik hubungan antara waktu dengan konduktivitas listrik

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang ditampilkan dalam bentuk grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode elektrolisis dengan waktu elektrolisis dapat berpengaruh terhadap konduksi listrik larutan nanopartikel perak yang dihasilkan. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa waktu yang panjang memberikan kesempatan yang lama untuk berlangsungnya proses elektrolisis, sehingga semakin banyak bahan kimia dalam materi karena terjadinya reaksi redoks. Hal ini berarti terdapat semakin banyak ion-ion yang bergerak bebas dalam larutan sehingga kemampuan larutan dalam menghantarkan listrik juga meningkat.

Pada fase produksi, dari sampel nanopartikel perak yang diperoleh dengan teknik elektrolisis, dapat diperoleh data berupa konsentrasi (ppm) dan konduktivitas nanopartikel perak dengan variasi voltase untuk setiap rentang waktu. Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data dapat disimpulkan bahwa peningkatan voltase akan menunjukkan data hasil berupa grafik yang cenderung memiliki trend naik untuk konsentrasi (ppm) larutan maupun konduktivitas listrik. Selain itu, penambahan waktu elektrolisis juga menunjukkan data hasil berupa grafik yang cenderung memiliki trend naik untuk konsentrasi (ppm) larutan maupun konduktivitas listrik. Dengan kata lain, semakin tinggi voltase yang digunakan dan semakin lama proses elektrolisis maka konsentrasi (ppm) larutan dan konduktivitas listrik nanopartikel perak yang dihasilkan

semakin besar. Semakin besar nilai konduktivitas mengindikasikan semakin banyak ion yang terkandung dalam larutan, juga menunjukkan bahwa larutan tersebut merupakan larutan ionik. Dapat disimpulkan bahwa TDS (konsentrasi larutan) dan konduktivitas saling berhubungan. Hal ini selaras dengan data yang diperoleh pada penelitian. Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui nanopartikel perak dengan nilai konduktivitas listrik tertinggi yang dapat dihasilkan dari teknik elektrolisis tersebut adalah pada variasi tegangan 40 volt dengan waktu 120 menit yaitu sebesar $81 \mu\text{S}/\text{cm}$. Sedangkan nanopartikel perak dengan konsentrasi (ppm) larutan tertinggi yang dapat dihasilkan dari teknik elektrolisis tersebut adalah pada variasi tegangan 40 volt dengan waktu 120 menit yaitu sebesar 39 ppm. Sehingga dari penelitian ini dapat diketahui bahwa untuk menghasilkan larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi yang tinggi dapat diperoleh dengan teknik elektrolisis pada tegangan 40 volt dengan waktu 120 menit.

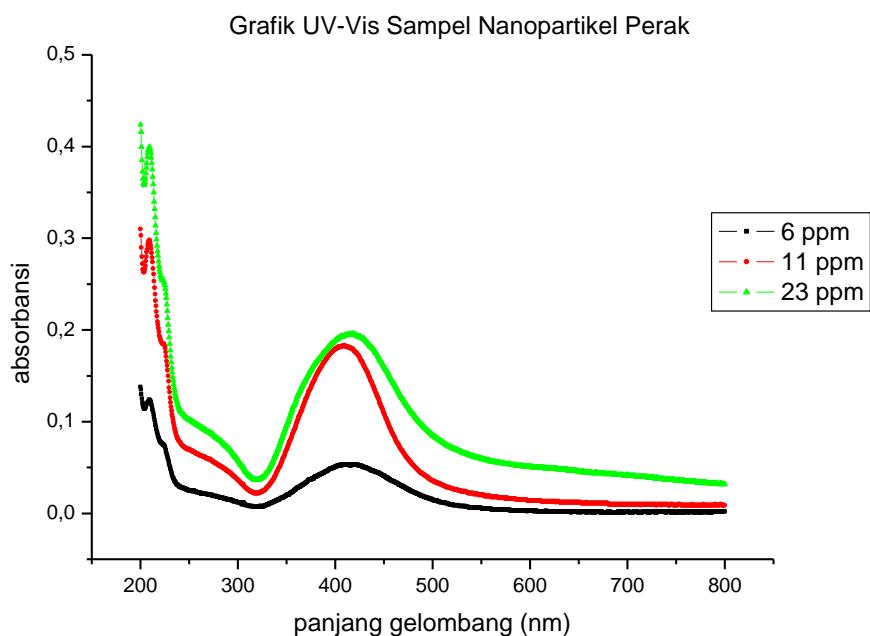
B. Fase Karakterisasi

Sampel nanopartikel perak yang diperoleh dari hasil elektrolisis kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan UV-Vis. Hasil uji larutan nanopartikel perak menggunakan spektrofotometer UV-Vis ditampilkan dalam bentuk grafik. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan tiga sampel dengan konsentrasi larutan nanopartikel perak yang berbeda, data yang diperoleh disajikan dalam Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Puncak absorbansi sampel variasi konsentrasi larutan

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Panjang Gelombang (nm)
1	6	0,053	422,5
2	11	0,183	409,0
3	23	0,196	417,0

Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis menunjukkan hubungan panjang gelombang dalam nanometer dengan besarnya absorbansi larutan yang diuji. Grafik yang terbentuk yaitu absorbansi pada sumbu-Y dengan panjang gelombang absorbansi pada sumbu-X. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 11 berikut :



Gambar 11 : Karakterisasi UV-Vis sampel nanopartikel

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang diperoleh, diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin besar puncak absorbansinya. Peningkatan konsentrasi larutan sebanding dengan

peningkatan nilai puncak absorbansi yang sesuai dengan hukum Lambert-Beer. Hukum Beer menyatakan bahwa perubahan konsentrasi akan mengubah absorbansi pada tiap λ .

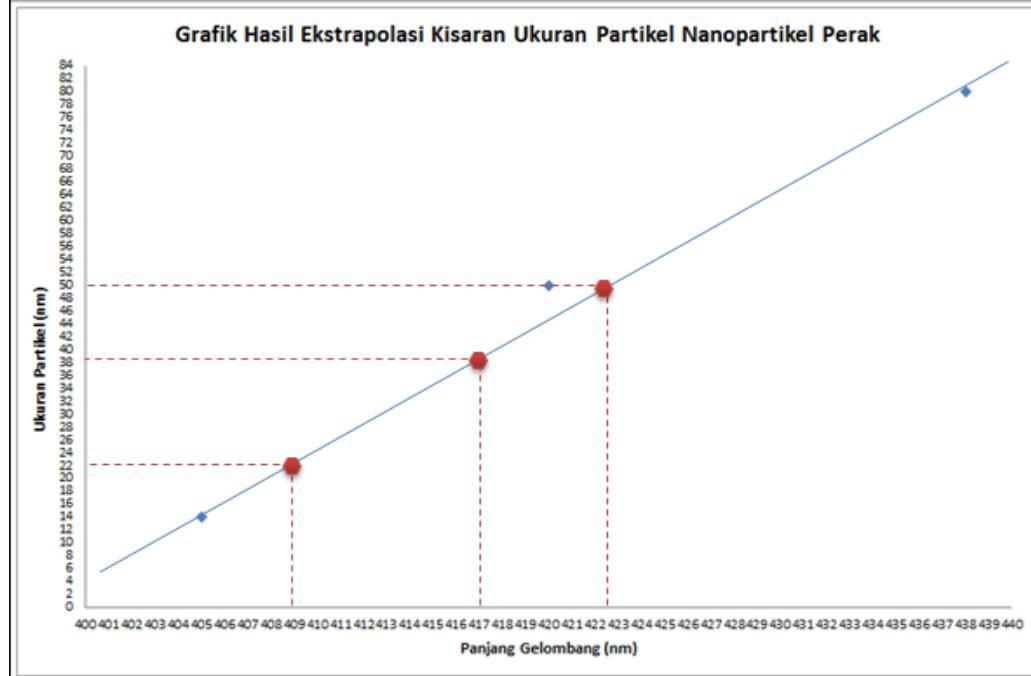
Dalam proses uji UV-Vis, hasil yang terbaca oleh detektor yaitu berupa data absorbansi cahaya yang diserap oleh sampel pada panjang gelombang tertentu. Absorbansi oleh sampel akan mengakibatkan terjadinya transisi elektron, yaitu elektron-elektron dari orbital dasar akan tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Ketika elektron kembali ke orbital asal, elektron tersebut memancarkan energi dan energi itulah yang terdeteksi sebagai puncak-puncak absorbansi (Pratiwi, 2016). Spektrometer optik mencatat panjang gelombang dimana penyerapan terjadi, bersamaan dengan tingkat penyerapan pada setiap panjang gelombang. Spektrum yang dihasilkan disajikan sebagai grafik absorbansi (A) dengan panjang gelombang (Sanda, 2012). Absorbansi panjang gelombang tertentu menunjukkan karakter dari suatu senyawa atau partikel. Dimana pada penelitian ini, diperoleh panjang gelombang dengan rentang sekitar 400 nm yang menunjukkan karakter partikel nanopartikel perak.

Spektrum serapan sinar *UV-vis* memiliki urgensi dalam menjelaskan terbentuknya nanopartikel perak. Menurut Purnamasari (2015: 15), koloid nanopartikel perak memiliki puncak serapan dengan kisaran rentang 400 nm hingga 530 nm pada analisis spektrofotometer. Dari data yang diperoleh pada penelitian ini diketahui bahwa semua larutan nanopartikel perak menyerap panjang gelombang pada absorbansi maksimum dalam rentang 400 nm yang

merupakan karakteristik serapan UV-Vis untuk larutan nanopartikel perak. Dengan demikian, dapat dipastikan secara kuantitatif (hasil UV-Vis) bahwa larutan yang dihasilkan memang merupakan larutan nanopartikel perak. Selain itu, dapat diperoleh informasi bahwa semakin besar konsentrasi larutan nanopartikel perak maka semakin besar pula puncak absorbansi maksimum pada larutan uji.

Dilakukan ekstrapolasi data pada nilai maksimum kisaran ukuran partikel dan panjang gelombang nanopartikel perak yang tercantum pada tabel 3 menurut (Solomon,dkk. 2007: 323), grafik hasil ekstrapolasi disajikan dalam

Gambar 12 berikut:



Gambar 12 : Grafik hasil ekstrapolasi kisaran ukuran partikel nanopartikel perak

Berdasarkan grafik hasil ekstrapolasi tersebut, dapat diketahui bahwa untuk konsentrasi nanopartikel perak 6 ppm yang memiliki panjang

gelombang 422,5 nm memiliki kisaran ukuran partikel sebesar 50 nm, untuk konsentrasi nanopartikel perak 11 ppm yang memiliki panjang gelombang 409,0 nm memiliki kisaran ukuran partikel sebesar 22 nm, untuk konsentrasi nanopartikel perak 23 ppm yang memiliki panjang gelombang 417,0 nm memiliki kisaran ukuran partikel sebesar 39 nm. Dari hasil tersebut, diketahui untuk semua variasi konsentrasi menunjukkan bahwa sampel larutan yang diperoleh dari hasil elektrolisis logam perak merupakan nanopartikel perak.

C. Fase Aplikasi

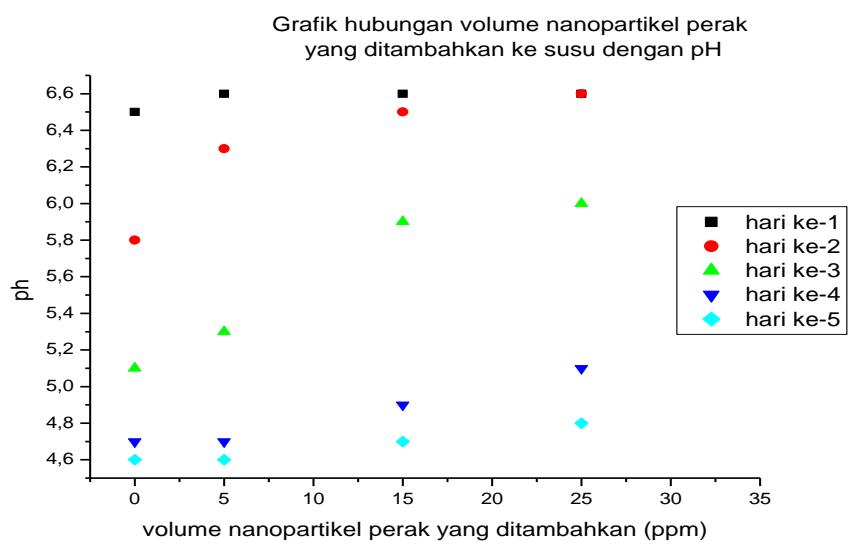
1. Pengukuran ph Susu dengan Variasi Volume Nanopartikel Perak yang Ditambahkan

Pada fase aplikasi untuk uji susu, volume susu yang digunakan pada pengujian ini yaitu 30 ml dan konsentrasi nanopartikel perak yang ditambahkan adalah 25 ppm untuk semua wadah, variasi pada penelitian ini yaitu penambahan volume nanopartikel perak ke susu. Variasi volume nanopartikel yang ditambahkan yaitu 5 ml, 15 ml, 25 ml, dan tanpa ditambah nanopartikel perak, data hasil pengukuran pH disajikan dalam

Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan

Volume nanopartikel perak yang ditambahkan	pH				
	Hari-1	Hari-2	Hari-3	Hari-4	Hari-5
0	6,5	5,8	5,1	4,7	4,6
5	6,6	6,3	5,3	4,7	4,6
15	6,6	6,5	5,9	4,9	4,7
25	6,6	6,6	6	5,1	4,8



Gambar 13 : Grafik Pengukuran pH susu dengan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang ditampilkan dalam bentuk grafik diatas maka dapat diketahui bahwa pada hari pertama setelah penambahan nanopartikel perak, nilai pH adalah 6,6 untuk semua variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan, kecuali pada susu yang tidak ditambahi dengan nanopartikel perak, ini menunjukkan penambahan nanopartikel perak mempengaruhi kualitas susu. Nilai pH akan terus mengalami penurunan seiring pertambahan hari. Semakin sedikit volume nanopartikel perak yang ditambahkan pada susu, nilai pH menunjukkan angka yang semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak tersebut memiliki pengaruh terhadap aktivitas bakteri yang ada pada susu. Menurut Ratya, dkk. (2017: 3), secara alami pH susu segar berkisar 6,5–6,7. Bila pH susu lebih rendah dari 6,5, berarti terdapat kolostrum ataupun aktivitas bakteri. Nilai pH akan berubah

menjadi asam jika terjadi aktivitas bakteri, maka nilai pH akan menurun dibawah nilai normal 6,5-6,7, sedangkan nilai pH lebih tinggi dari 6,7 biasanya menunjukkan kemungkinan adanya mastitis. Berdasarkan pernyataan tersebut, susu yang masih berada pada rentang pH susu segar yaitu hari ke-2 untuk variasi pertambahan volume 15 ml dan 20 ml, hal ini menunjukkan bahwa susu yang ditambahkan nanopartikel perak dengan volume 15 ml dan 20 ml belum terdapat aktivitas bakteri sampai hari ke-2. Sedangkan untuk pertambahan volume nanopartikel perak sebesar 5 ml sudah menunjukkan adanya aktivitas bakteri karena nilai pH nya yaitu 6,3 dan untuk susu tanpa ditambahi nanopartikel perak memiliki nilai pH yang paling rendah yaitu 5,8. Dari hasil penelitian dan pengolahan data tersebut dapat disimpulkan bahwa susu yang ditambahkan nanopartikel perak memiliki daya hambat terhadap kerusakan susu dalam hal ini adanya aktivitas bakteri, dengan indikator nilai pH.

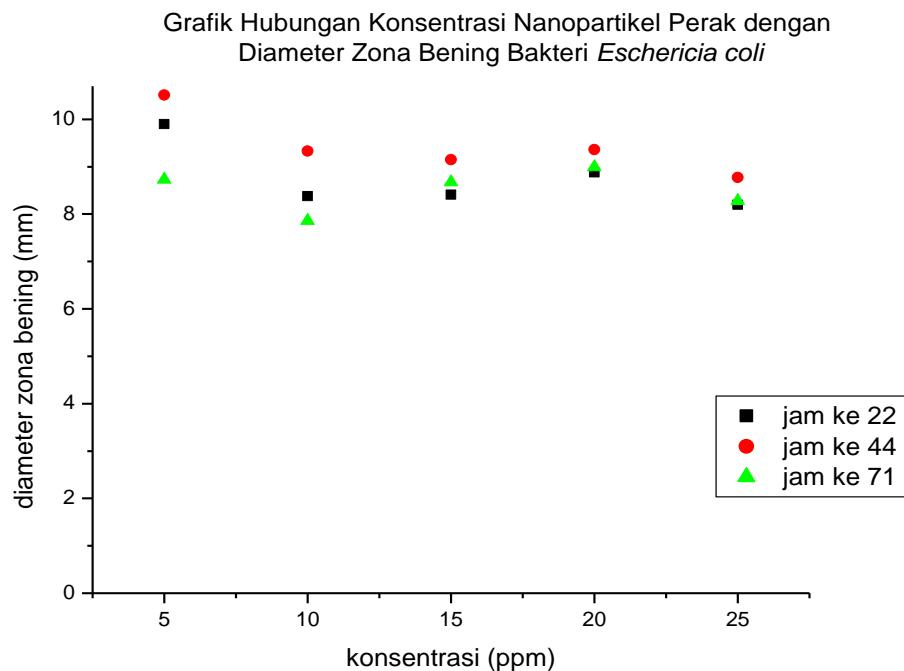
2. Pengujian Daya Hambat Nanopartikel Perak terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Penentuan kepekaan bakteri terhadap suatu antibiotik dapat dilakukan dengan salah satu metode yang paling sering digunakan yaitu metode difusi agar Kirby-Bauer. Konsentrasi nanopartikel perak yang digunakan pada uji daya hambat terhadap bakteri ini yaitu 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm. Variasi konsentrasi ini diperoleh dari hasil pengenceran sampel dengan konsentrasi 15 ppm dan 32 ppm.

a. *Escherichia coli*

Tabel 8. Diameter zona bening bakteri *Escherichia coli*

NO	KONSENTRASI	DIAMETER ($\pm 0,01$ mm)		
		Jam ke-22	Jam ke-44	Jam ke-71
1	5 ppm	9,90	10,51	8,73
2	10 ppm	8,38	9,33	7,86
3	15 ppm	8,41	9,15	8,67
4	20 ppm	8,88	9,36	8,99
5	25 ppm	8,20	8,77	8,28



Gambar 14 : Grafik zona bening bakteri *Escherichia coli*

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang ditampilkan dalam bentuk grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi nanopartikel yang semakin meningkat diperoleh persebaran nilai diameter zona bening bakteri *Escherichia coli* yang random, namun cenderung mengalami penurunan. Dari hasil data

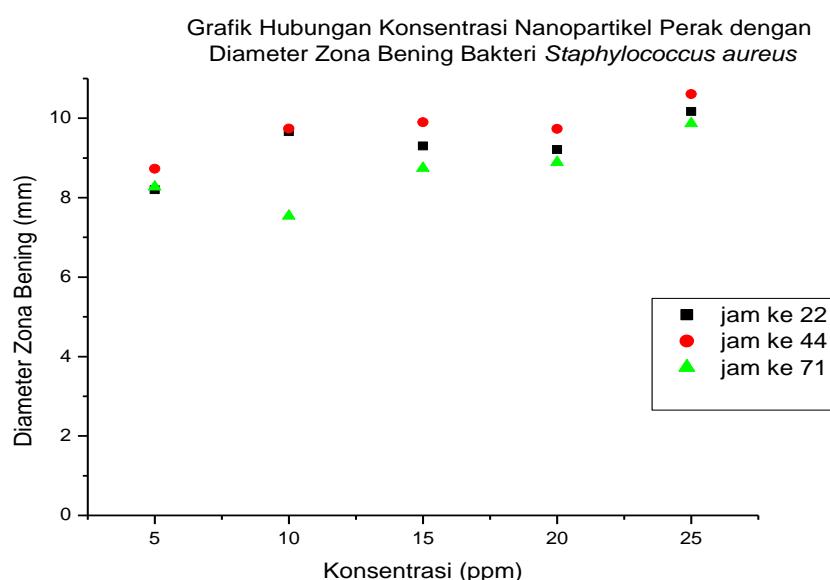
tersebut dapat diketahui bahwa pada jam ke 22 dan jam ke 44 pengukuran, menunjukkan persebaran nilai yang hampir serupa, yaitu pada jam ke 22 setelah masa inkubasi bakteri *Escherichia coli* pada media agar, diameter zona bening yang terbentuk paling besar yaitu pada konsentrasi 5 ppm sebesar 9,90 mm. Dimana untuk konsentrasi tertinggi yaitu 25 ppm, diameter zona bening yang terbentuk menunjukkan angka yang paling rendah yaitu 8,20 mm. Kemudian pada jam ke 44 menunjukkan hal yang sama, yaitu pada konsentrasi 5 ppm diperoleh diameter zona bening terbesar yaitu 10,51 mm dan diameter zona bening terkecil yaitu 8,77 mm pada konsentrasi 25 ppm. Menurut Franci (2015 : 8859), *Escherichia coli* merespon lebih baik dihambat pada konsentrasi rendah. Hal tersebut sesuai pada penelitian ini, dimana pada konsentrasi nanopartikel perak paling rendah memiliki daya hambat terhadap bakteri *Escherichia coli* paling besar. Sedangkan pada jam ke 71 diameter zona bening tidak menunjukkan persebaran nilai yang hampir serupa dengan jam ke 22 dan ke 44. Selain itu, diameter zona bening pada jam ke 22 menuju jam ke 44 mengalami peningkatan nilai, sedangkan jam ke 44 menuju jam ke 71 diameter zona bening mengalami penurunan untuk setiap variasi konsentrasi. Hal ini dapat menunjukkan bahwa kemampuan nanopartikel perak yang digunakan untuk menghambat bakteri *Escherichia coli* masih efektif hingga jam ke 44, sedangkan untuk rentang waktu pada jam ke 44 menuju jam ke 71 kemampuan

nanopartikel perak sudah menurun atau kurang efektif lagi.

b. *Staphylococcus aureus*

Tabel 9. Diameter zona bening bakteri *Staphylococcus aureus*

NO	KONSENTRASI	DIAMETER ($\pm 0,01$ mm)		
		Jam ke-22	Jam ke-44	Jam ke-71
1	5 ppm	8,20	8,73	8,27
2	10 ppm	9,66	9,74	7,54
3	15 ppm	9,30	9,90	8,74
4	20 ppm	9,21	9,73	8,89
5	25 ppm	10,17	10,61	9,87



Gambar 15 : Grafik zona bening bakteri *Staphylococcus aureus*

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang ditampilkan dalam bentuk grafik diatas maka dapat diketahui bahwa persebaran nilai diameter zona bening bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap pengaruh peningkatan variasi konsentrasi nanopartikel perak adalah random, namun cenderung mengalami kenaikan. Dari hasil data tersebut dapat diketahui bahwa persebaran nilai diameter zona bening

bakteri *Staphylococcus aureus* pada jam ke 22 dan jam ke 44 pengukuran, menunjukkan persebaran nilai yang hampir serupa, dimana diameter zona bening terbesar diperoleh pada konsentrasi tertinggi yaitu 25 ppm dan diameter zona bening terkecil diperoleh pada konsentrasi terendah yaitu 5 ppm. Sedangkan pada jam ke 71 diameter zona bening tidak menunjukkan persebaran nilai yang hampir serupa dengan jam ke 22 dan ke 44. Selain itu, diameter zona bening pada jam ke 22 menuju jam ke 44 mengalami peningkatan nilai, sedangkan jam ke 44 menuju jam ke 71 diameter zona bening mengalami penurunan untuk setiap variasi konsentrasi. Hal ini dapat menunjukkan bahwa kemampuan nanopartikel perak yang digunakan untuk menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* masih efektif hingga jam ke 44, sedangkan untuk rentang waktu pada jam ke 44 menuju jam ke 71 kemampuan nanopartikel perak sudah menurun atau kurang efektif lagi.

Sensitivitas suatu bakteri terhadap antibiotik ditentukan oleh diameter zona hambat yang terbentuk. Semakin besar diameternya maka semakin terhambat pertumbuhannya (Umi fatmawati, 2015 : 39). Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan daya hambat nanopartikel perak antara bakteri *Escherichia coli* dan bakteri *Staphylococcus aureus*. Pada bakteri *Escherichia coli*, kemampuan daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri yang terbaik yaitu pada konsentrasi 5 ppm,

sedangkan untuk bakteri *Staphylococcus aureus* kemampuan daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri yang terbaik yaitu pada konsentrasi 25 ppm, khususnya pada jam ke 22 dan jam ke 44 pengukuran. Hal ini, menurut Anil (2015: 7), strain atau tipe bakteri juga terbukti menjadi faktor penentu penting dalam menjelaskan toksisitasnya terhadap nanomaterial itu sendiri. Pada penelitian ini bakteri *Escherichia Coli* merupakan bakteri gram negatif dan untuk bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif.

Kemampuan antibakteri nanopartikel perak antara lain merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel, dan menghambat sintesis sel bakteri (Sirajudin, dkk., 2016 : 3). Dinding sel bakteri gram negatif lebih tipis daripada dinding sel bakteri gram positif. Dinding sel bakteri gram negatif mengandung peptidoglikan jauh lebih sedikit, dan peptidoglikan ini mempunyai ikatan silang yang jauh kurang ekstensif dibandingkan dengan yang dijumpai pada dinding bakteri gram positif (Michael J. Pelczar, dkk, 1986 :117-118). Bakteri gram negatif berbeda dari bakteri gram positif dalam hal-hal lain juga. Bakteri gram negatif lebih rentan terhadap antibiotik-antibiotik seperti streptomisin. Bakteri gram positif pada umumnya lebih rentan terhadap antibiotik penisilin dan kurang rentan terhadap disintegrasi oleh perlakuan mekanis (seperti diberi tekanan sangat tinggi atau getaran-getaran ultrasonik) atau bila diberi enzim-enzim tertentu (Michael J. Pelczar, dkk, 1986 :118).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan elektrolisis logam perak yang dilakukan, dari hasil karakterisasi UV-Vis diketahui bahwa untuk semua variasi konsentrasi (ppm) yang dihasilkan dari proses elektrolisis logam perak tersebut menunjukkan bahwa sampel larutan merupakan nanopartikel perak. Pada penelitian ini diperoleh panjang gelombang dalam rentang 409-422,5nm dengan kiaran ukuran 22-50nm.
2. Pengaruh variasi konsentrasi nanopartikel yang semakin meningkat diperoleh persebaran nilai diameter zona bening bakteri *Escherichia coli* cenderung mengalami penurunan. Sedangkan untuk persebaran nilai diameter zona bening bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap pengaruh peningkatan variasi konsentrasi nanopartikel cenderung mengalami kenaikan. Strain atau tipe bakteri juga menjadi faktor penentu penting dalam menjelaskan kemampuan nanopartikel perak sebagai antibakteri, karena untuk setiap bakteri memiliki susunan organel kompleks tersendiri yang akan memiliki pengaruh berbeda-beda saat berinteraksi dengan nanopartikel perak.

B. Saran

Setelah terselesaikannya penelitian ini, terdapat saran yang perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya. Beberapa saran tersebut adalah:

- a. Perlu dilakukannya uji SEM untuk mengetahui morfologi dan ukuran partikel nanopartikel perak yang diperoleh dari hasil elektrolisis
- b. Perlu adanya penambahan variasi konsentrasi (ppm) pada uji daya hambat bakteri untuk mengetahui trend persebaran data yang lebih akurat
- c. Perlu dilakukan uji daya hambat untuk variasi bakteri gram positif dan gram negatif lainnya agar mengetahui apakah strain atau tipe bakteri juga menjadi faktor penentu penting dalam menjelaskan kemampuan nanopartikel perak sebagai antibakteri
- d. Dalam uji susu, perlu ditambahkan variasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan untuk pengukuran
- e. Perlu pengkajian lebih lanjut mengenai pembuatan nanopartikel perak secara elektrolisis agar nantinya dapat diaplikasikan pada sebuah produk jadi

DAFTAR PUSTAKA

- Admin.(2014). Elektrolisis Asam Sulfat. Diakses dari <http://usaha321.net/elektrolisis-asam-sulfat.html> pada tanggal 23 Mei 2018, Jam 00.29 WIB.
- Anil K.Suresh.(2015). Co-Relating Metallic Nanoparticle Characteristics and Bacterial Toxicity. Department of Biotechnology, School of Life Sciences Pondicherry University India. Springer. Hlm. 1-58.
- Agustina Setiawati. (2015). Peningkatan Resistensi Kultur Bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap Amoxicillin Menggunakan Metode Adaptif Gradual. *Jurnal Farmasi Indonesia* (Vol.7 No.3). Hlm.1-5.
- Ahmad, B.J., A.Wahyudi, & D.Umaningrum.(2015). Kajian Sintesis Nanopartikel Perak Pada Komposit Kitosan Dan Polietilena Glikol : Efek Jenis Agen Pereduksi Organik. Prosiding Seminar Nasional Kimia, ISBN: 978-602-0951-05-8. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Hlm.148-156.
- Ahmad, M., M.Y. Tay, K. Shameli, M.Z. Hussein, & J.J. Lim. 2011a. Green Synthesis and Characterization of Silver/Chitosan/Polyethylene Glycol Nanocomposites without any Reducing Agent. *Int. J. Mol. Sci.* **12**: Hlm. 4872-4884.
- Akhtar, Sarah, Dkk. (2016). A Study On Antimicrobial Activity Of Silver Nanoparticles. *Fuuast J. Biol.*, 6(2). Hlm. 149-153.
- Andi Rahman, M. (2012). Kitosan Sebagai Bahan Antibakteri Alternatif Dalam Formulasi Gel Pembersih Tangan (*Hand Sanitizer*). Skripsi. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan-IPB.
- Ayala, G., L.C.O. Vercik, T.A.V. Menezes, & A. Vercik. 2012. A Simple and Green Method for Synthesis of Ag and Au Nanoparticles using Biopolymers and Sugars as Reducing Agent. *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **1386**: 645-652.
- Bassett, J., dkk. (1994). *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- Brady, James E. (-). *Kimia Universitas Asas & Struktur, Jilid 2*. Penerjemah: Dra. Sukmariah Maun, Dra. Kamianti Anas, Dra. Tilda S. Sally. Tangerang: Binarupa aksara.

- Brooks, G.F, Butel, J.S. & Stephen A.M. (2005). *Mikrobiologi Kedokteran*. Penerjemah: Bagian Mikrobiologi Fakultas kedokteran Universitas Airlangga. Jakarta: Penerbit Salemba Medika.
- Chang, Raymond. (2005). *Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti Jilid 2/ Edisi Ketiga*. Penerjemah: Suminar Setiati achmadi. Jakarta: Erlangga.
- El-Kheshen, A.A. & S.F.G. El-Rab. (2012). Effect of Reducing and Protecting Agents on Size of Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Activity. *Der Pharma Chemica* 4. Hlm. 53-65.
- Faqih, Muhammad Izzatul. (-). Spektroskopi Glukosa. Diakses dari <http://unityofscience.org/spektroskopi-glukosa/> pada tanggal 23 Mei 2018, Jam 0.43 WIB.
- Franci, Gianluigi, dkk. (2015). Silver Nanoparticles as Potential Antibacterial Agents. *Molecules* 2015 (20). Hlm. 8856-8874
- Hamid, Ruslan Abdul., Purwono, & Oktiawan, Wiharyanto. (2017). Penggunaan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Karbon dengan Variasi Tegangan Listrik dan Waktu Elektrolisis dalam Penurunan Konsentrasi TSS Dan COD pada Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 6, No. 1. Hlm. 1-18.
- Keenan, Charles W., Kleinfelter, Donald C., Wood, Jesse H. (1984). *Ilmu Kimia untuk Universitas, Edisi keenam Jilid 1*. Penerjemah: Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Ph.D. Jakarta: Erlangga.
- Korbekandi, H. & S. Iravani. (2012). *Silver Nanoparticles, The Delivery of Nanoparticles*. Iran: Isfahan University of Medical Sciences. Hlm.3-36.
- Kushwaha, Akhilesh, dkk. (2015). Isolation and identification of *E. coli* bacteria for the synthesis of silver nanoparticles: Characterization of the particles and study of antibacterial activity. European Journal of Experimental Biology, 5(1). Hlm. 65-70.
- Lanovia, Cindy. (2015). Analisis TS, TDS dan TSS. *Laporan Penelitian*. Surya University.
- Leonore, S.C, Egreenberg, A., & D.E. Andrew. 1998. *Standart Methods For The Examination of Waterand Wastewater*. Edisi 20 th.USA : APHA AWWAWEF.
- Lilis Misnawati. (2017). Karakterisasi Sampel Hasil Preparasi dan Sintesis *Graphene Oxide* Berbahan Dasar Minyak Jelantah Menggunakan Metode *Liquid Mechanical Exfoliation* dalam Pelarut N-Heksana dengan Variasi

Waktu Blender dan Konsentrasi Larutan Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Minyak Goreng. *Skripsi*. UNY

- Locke, Thomas, dkk. (2013). *Microbiology and Infectious Diseases on the move*. Penerjemah : dr. Rizqi Akbarini. Jakarta: PT Indeks.
- Lucas Blandon, dkk. (2012). Electrochemical Synthesis of Silver Nanoparticles and their Potential Use as Antimicrobial Agent: a Case Study on *Escherichia Coli*. *Portugaliae Electrochimica Acta 2012, 30(2)*. Hlm.135-144.
- Mahendra Rai, Alka Yadav & Aniket K. Gade . (2012). Silver Nanoparticles as a New Generation of Antimicrobials. *Biotechnology advances 27(1)*. Hlm. 76-83.
- Michael J. Pelczar, Jr., & Chan E.C.S. (1986). *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Penerjemah: Hadioetomo, R.S., dkk. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Nicola, Fendra. (2015). Hubungan Antara Konduktivitas, Tds (Total Dissolved Solid) Dan Tss (Total Suspended Solid) Dengan Kadar Fe²⁺ Dan Fe Total Pada Air Sumur Gali. *Skripsi*. Universitas Jember- FMIPA.
- Nurmala, dkk. (2015). Resistensi dan Sensitivitas Bakteri terhadap Antibiotik di RSU dr. Soedarso Pontianak Tahun 2011-2013. *Jurnal Penelitian (Vol. 3, No. 1)*. FK-Universitas Tanjungpura.
- Panji, Tri. (2012). *Teknik Spektroskopi untuk Elusidasi Struktur Molekul*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Petrucci, Harwood, Herring. (2011). *Kimia Dasar Prinsip-Prinsip dan Aplikasi Modern Edisi Kesembilan-Jilid 3*. Penerjemah: Suminar Setiati Achmadi. Jakarta: Erlangga.
- Pratiwi, Phatma D. (2016). Preparasi Nanomaterial Karbon Menggunakan Metode *Liquid Mechanical Exfoliation* Dibantu dengan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan Variasi Waktu Pencampuran. Yogyakarta: Prodi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.
- Purnamasari, M.D. (2015). Sintesis Antibakteri Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirih (*Piper Betle Linn*) dengan Irradiasi Microwave. *Skripsi*. FMIPA-UNES.
- Raffi, M., F. Hussain, T.M. Bhatti, J.I. Akhter, A. Hameed,& M.M. Hasan. (2008). Antibacterial Characterization of Silver Nanoparticles against E:

- Coli ATCC- 15224. *J. Mater. Sci. Technol.* **24**: Pakistan : Pakistan Institute of Engineering and Applied Sciences. Hlm. 192-196.
- Ratya, N., Taufik, E., & Arief, I.I. (2017). Karakteristik Kimia, Fisik dan Mikrobiologis Susu Kambing Peranakan Etawa di Bogor. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. Vol. 05 No. 1. Hlm. 1-4.
- Riyanto. (2013). *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sanda, M.F, et al. (2012). Base Theory for UV-VIS Spectrophotometric Measurements. Romania: University of Oradea.
- Saptarini, Dyah., Erawati, Emi. (2004). *Kimia untuk Tingkat 2 SMK*. Jakarta: Yudhistira.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. (1985). *Dasar-Dasar Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta.
- Shameli, K., M. Ahmad, S.D. Jazayeri, S. Sedaghat, P. Shabanzadeh, H. Jahangirian, M. Mahdavi, & Y. Abdollahi. (2012). *Synthesis and Characterization of Polyethylene Glycol Mediated Silver Nanoparticles by the Green Method*. *Int. J. Mol. Sci.* **13**. Hlm.6639-6650.
- Sirajudin, Ahmad., & Rahmanisa, Soraya. (2016). Nanopartikel Perak sebagai Penatalaksanaan Penyakit Infeksi Saluran Kemih. *Jurnal Penelitian*. MAJORITY Vol.5 (4). Hlm. 1-5.
- Solomon, S. D, et al. (2007). Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Jurnal of Chemical Education*, Vol. 84 (No.2). Hlm. 322-325.
- Sopandi, Tatang & Wardah. (2014). Mikrobiologi Pangan – Teoridan Praktik. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Supardi, Imam & Sukamto. (1999). *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Suparno. (2012). *Dinamika Partikel Koloid*. Yogyakarta: UNY Press.
- Suriawiria, Urus. (1990). *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Bandung : Penerbit Angkasa.
- Tran, Q.H., V.Q. Nguyen, & A.T. Le. (2013). Silver Nanoparticles: *Synthesis, Properties, Toxicology, Applications and Perspectives*. *Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol.* **4**: Hlm.1-21.

Umi Fatmawati & Tim Asisten.(2015). Petunjuk Praktikum Mikrobiologi. Program Studi Pendidikan Bilogi-UNS. Hlm.1-74.

Wahyudi, Tatang., Sugiyana, Doni., & Helmy, Qomarudin. (2011). Sintesis Nanopartikel Perak Dan Uji Aktivitasnya terhadap Bakteri *E. Coli* dan *S. Aureus*. Jurnal Penelitian. *Arena Tekstil Volume 26 No.56*. Hlm. 55-60.

Wasitaningrum, Ika Dyah A. (2009). Uji Resistensi Bakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia Coli* Dari Isolat Susu Sapi Segar Terhadap Beberapa Antibiotik. *Skripsi*. Fakultas Farmasi-UMS.

Yuan Gao & R. Cranston. (2008). Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textile. *Text. Res. J.*, 78. Hlm. 60–72.

Zamora, Rionaldi.,Harmadi, Wildian.(2015). Perancangan Alat Ukur Tds (*Total Dissolved Solid*) Air Dengan Sensor Konduktivitas Secara *Real Time*. *Jurnal Sainstek VII (1)*. Hlm.11-15

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil uji daya hambat nanopartikel perak pada bakteri

A. *Escherichia coli*

No	konsentrasi	ulang	diameter	jam ke		
				22 jam	44 jam	71 jam
1	5 ppm	1	1	11,90	12,72	10,14
			2	11,90	12,26	10,00
			3	11,02	12,18	9,26
		rata-rata		11,61	12,39	9,80
		2	1	10,10	10,22	7,72
			2	9,02	9,68	8,30
			3	8,46	9,56	7,90
		rata-rata		9,19	9,82	7,97
		3	1	8,08	8,98	8,10
			2	8,04	8,40	8,14
			3	10,56	10,56	8,98
		rata-rata		8,89	9,31	8,41
		rata-rata keseluruhan			9,90	10,51
						8,73
2	10 ppm	1	1	7,78	9,30	7,62
			2	8,28	8,96	7,10
			3	7,86	8,62	7,56
		rata-rata		7,97	8,96	7,43
		2	1	8,40	9,46	8,30
			2	8,52	9,30	7,86
			3	8,40	9,16	8,28
		rata-rata		8,44	9,31	8,15
		3	1	8,30	9,54	8,12
			2	9,52	10,36	7,76
			3	8,40	9,28	8,10
		rata-rata		8,74	9,73	7,99
		rata-rata keseluruhan			8,38	9,33
						7,86
3	15 ppm	1	1	8,40	9,46	8,80
			2	9,40	9,20	8,36
			3	8,84	9,62	9,18

		rata-rata	8,88	9,43	8,78
4	20 ppm	2	1	7,98	8,60
		2	2	8,84	9,08
		2	3	7,86	9,04
		rata-rata		8,23	8,91
		3	1	8,08	9,30
		3	2	8,84	8,96
		3	3	7,48	9,12
		rata-rata		8,13	8,68
		rata-rata keseluruhan		8,41	9,15
				8,67	
5	25 ppm	1	1	9,12	9,40
		1	2	9,02	9,54
		1	3	9,28	9,66
		rata-rata		9,14	9,53
		2	1	9,10	9,62
		2	2	8,84	9,24
		2	3	8,94	9,44
		rata-rata		8,96	9,43
		3	1	8,24	9,10
		3	2	8,90	9,12
		3	3	8,44	9,08
		rata-rata		8,53	9,10
		rata-rata keseluruhan		8,88	9,36
				8,99	
6	30 ppm	1	1	7,38	9,22
		1	2	8,66	8,64
		1	3	8,10	8,70
		rata-rata		8,05	8,85
		2	1	8,06	8,70
		2	2	9,10	9,14
		2	3	8,04	8,84
		rata-rata		8,40	8,89
		3	1	7,76	8,64
		3	2	9,04	8,76
		3	3	7,68	8,26
		rata-rata		8,16	8,55
		rata-rata keseluruhan		8,20	8,77
				8,28	

B. *Staphylococcus aureus*

no	konsentrasi	ulang	diameter	jam ke		
				22 jam	44 jam	71 jam
1	5 ppm	1	1	7,90	8,30	7,26
			2	8,24	8,70	8,80
			3	7,80	8,16	7,66
			rata-rata	7,98	8,39	7,91
		2	1	7,80	8,34	7,94
			2	8,40	8,60	8,30
			3	7,46	8,38	8,08
		3	rata-rata	7,89	8,44	8,11
			1	8,54	9,42	8,64
			2	8,64	9,14	8,84
			3	9,02	9,50	8,94
			rata-rata	8,73	9,35	8,81
		rata-rata keseluruhan		8,20	8,73	8,27
2	10 ppm	1	1	9,02	11,38	7,76
			2	11,48	10,66	6,92
			3	10,36	10,42	7,26
			rata-rata	10,29	10,82	7,31
		2	1	9,42	8,24	7,40
			2	8,64	9,36	7,56
			3	10,50	10,20	7,40
		3	rata-rata	9,52	9,27	7,45
			1	9,30	9,08	7,40
			2	9,38	9,10	8,66
			3	8,86	9,26	7,46
			rata-rata	9,18	9,15	7,84
		rata-rata keseluruhan		9,66	9,74	7,54
3	15 ppm	1	1	9,68	10,30	7,96
			2	9,40	10,24	8,64
			3	9,18	10,00	7,98
			rata-rata	9,42	10,18	8,19
		2	1	9,10	10,00	9,22
			2	9,40	9,50	9,24
			3	8,64	9,66	8,44
			rata-rata	9,05	9,72	8,97
		3	1	9,28	9,62	9,12

			2	9,30	9,80	8,32
			3	9,68	10,02	9,76
			rata-rata	9,42	9,81	9,07
			rata-rata keseluruhan	9,30	9,90	8,74
4	20 ppm	1	1	8,64	10,00	8,84
			2	10,08	10,38	8,74
			3	9,04	9,96	9,40
			rata-rata	9,25	10,11	8,99
		2	1	9,24	9,92	8,64
			2	9,62	9,44	9,02
			3	8,46	9,30	8,58
			rata-rata	9,11	9,55	8,75
		3	1	9,46	9,64	8,84
			2	9,62	9,72	9,22
			3	8,70	9,24	8,76
			rata-rata	9,26	9,53	8,94
			rata-rata keseluruhan	9,21	9,73	8,89
5	25 ppm	1	1	10,70	11,02	9,76
			2	9,70	9,90	9,30
			3	9,50	10,00	9,76
			rata-rata	9,97	10,31	9,61
		2	1	9,62	10,10	9,22
			2	10,40	11,10	10,70
			3	9,36	9,84	9,28
			rata-rata	9,79	10,35	9,73
		3	1	10,50	11,36	10,24
			2	10,96	11,10	10,28
			3	10,80	11,10	10,30
			rata-rata	10,75	11,19	10,27
			rata-rata keseluruhan	10,17	10,61	9,87

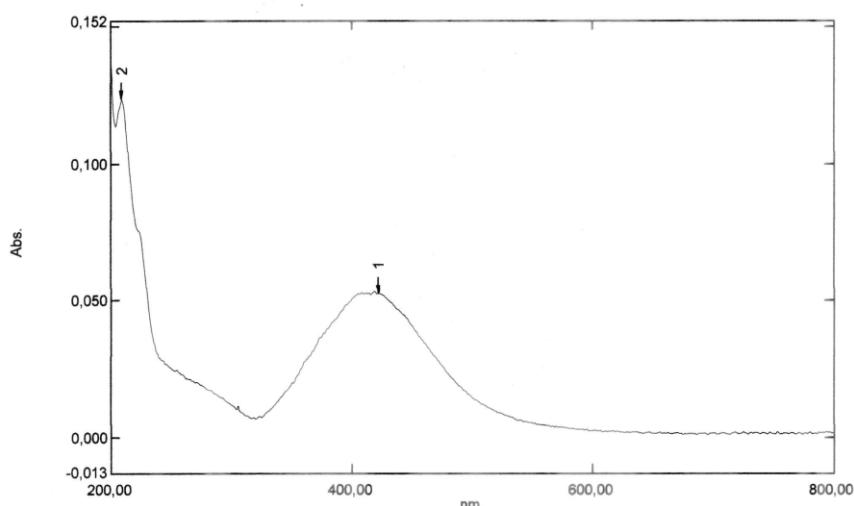
Lampiran 2. Hasil karakterisasi UV-Vis

A. Konsentrasi 6 ppm, hasil elektrolisis dengan tegangan 10 volt

Spectrum Peak Pick Report

08/11/2017 11:29:59

Data Set: 6 ppm 10V.spc - RawData



Measurement Properties

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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	422,50	0,053	
2	●	209,00	0,124	

Instrument Properties

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

Attachment Properties

Attachment: None

Sample Preparation Properties

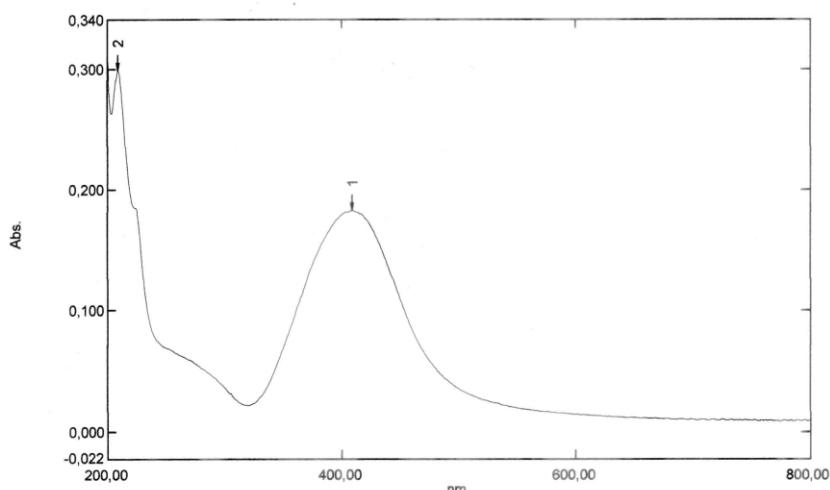
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

B. Konsentrasi 11 ppm, hasil elektrolisis dengan tegangan 20 volt

Spectrum Peak Pick Report

08/11/2017 11:56:05

Data Set: 11 ppm 20 V.spc - RawData



Measurement Properties

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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	409,00	0,183	
2	⊕	209,00	0,298	

Instrument Properties

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

Attachment Properties

Attachment: None

Sample Preparation Properties

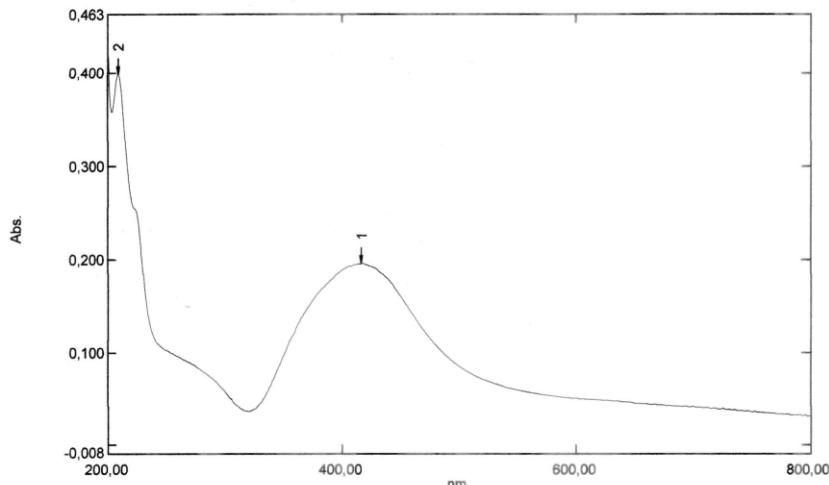
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

C. Konsentrasi 23 ppm, hasil elektrolisis dengan tegangan 30 volt

Spectrum Peak Pick Report

08/11/2017 12:00:44

Data Set: 23 ppm 30V.spc - RawData



Measurement Properties

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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	417,00	0,196	
2	⊕	209,00	0,400	

Instrument Properties

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

Attachment Properties

Attachment: None

Sample Preparation Properties

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

Lampiran 3. Pengenceran

1. Variasi yang akan dibuat :

- a. 5 ppm
- b. 10 ppm
- c. 15 ppm
- d. 20 ppm
- e. 25 ppm

2. Sampel uji yang digunakan :

- a. Sampel 15 ppm
- b. Sampel 32 ppm

3. Perhitungan :

M_1 = konsentrasi nanopartikel perak yang diencerkan

V_1 = Volume nanopartikel perak yang akan diencerkan

M_2 = konsentrasi nanopartikel perak yang sudah diencerkan

V_2 = Volume akhir nanopartikel perak yang sudah diencerkan

ΔV = Volume aquades yang ditambahkan

a. Variasi 5 ppm

Diperoleh dari pengenceran sampel 15 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$15 \text{ ppm} \cdot V_1 \text{ ml} = 5 \text{ ppm} \cdot 15 \text{ ml}$$
$$V_1 = 5 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_2 - V_1 \\ &= 15 \text{ ml} - 5 \text{ ml} \\ &= 10 \text{ ml}\end{aligned}$$

b. Variasi 10 ppm

Diperoleh dari pengenceran sampel 15 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$15 \text{ ppm} \cdot V_1 \text{ ml} = 10 \text{ ppm} \cdot 15 \text{ ml}$$
$$V_1 = 10 \text{ ml}$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$
$$= 15 \text{ ml} - 10 \text{ ml}$$
$$= 5 \text{ ml}$$

c. Variasi 15 ppm

Tidak dilakukan pengenceran, diperoleh dari sampel 15 ppm

d. Variasi 20 ppm

Diperoleh dari pengenceran sampel 32 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$32 \text{ ppm} \cdot V_1 \text{ ml} = 20 \text{ ppm} \cdot 16 \text{ ml}$$
$$V_1 = 10 \text{ ml}$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$
$$= 16 \text{ ml} - 10 \text{ ml}$$
$$= 6 \text{ ml}$$

e. Variasi 25 ppm

Diperoleh dari pengenceran sampel 32 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$32 \text{ ppm} \cdot V_1 \text{ ml} = 25 \text{ ppm} \cdot 32 \text{ ml}$$
$$V_1 = 25 \text{ ml}$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$
$$= 32 \text{ ml} - 25 \text{ ml}$$
$$= 7 \text{ ml}$$

Lampiran 4. Alat, bahan dan proses pada penelitian



Logam perak



TDS meter



Magnetic stearer



Timbangan digital



Jangka sorong



Mikro pipet



Bunsen



pH meter



UV-Vis



Autoklaf



Loop



Stopwatch



Kapas



Kertas Payung



Nutrient broth



Nutrient agar



Alkohol



Susu



Proses elektrolisis logam perak





Pengukuran konsentrasi dengan TDS meter



Pembuatan NB



Pembuatan NA



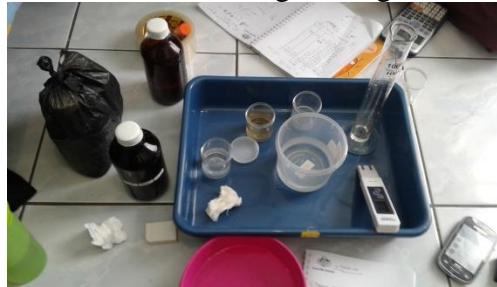
Proses sterilisasi alat dan bahan pada uji daya hambat bakteri



Proses peremajaan bakteri



Pengembangbiakan bakteri pada media agar



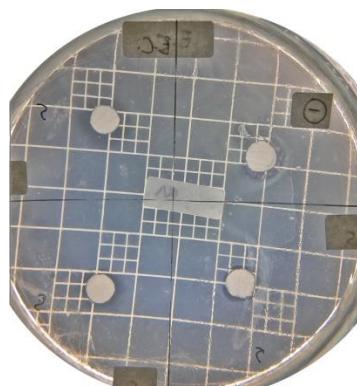
Proses pengenceran nanopartikel perak

Lampiran 5. Hasil uji sampel

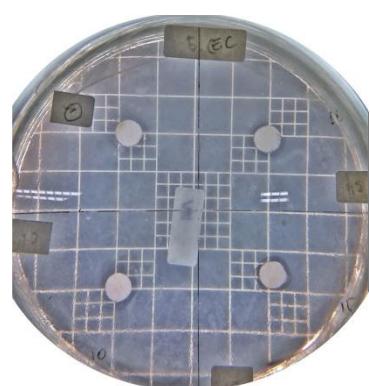
A. Sampel Uji Daya Hambat Bakteri

1. *Escherichia Coli*

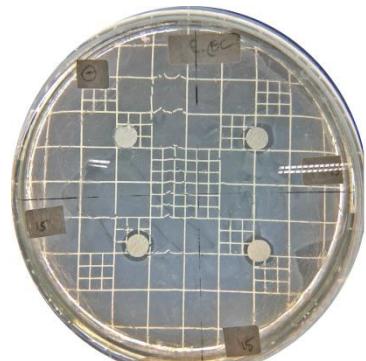
Hari Pertama



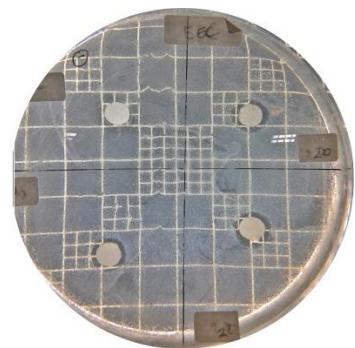
5 ppm



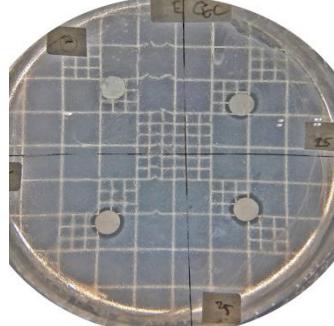
10 ppm



15 ppm

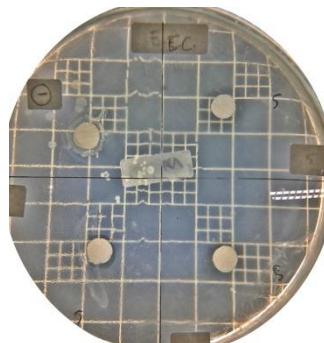


20 ppm

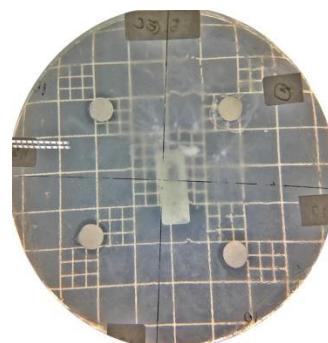


25 ppm

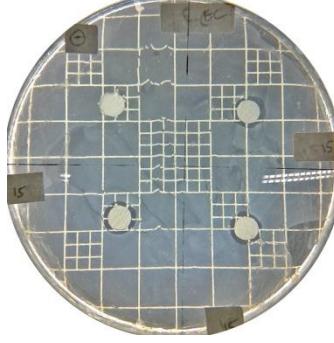
Hari Kedua



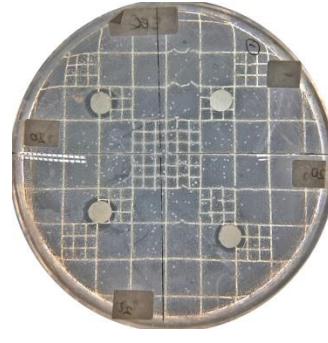
5 ppm



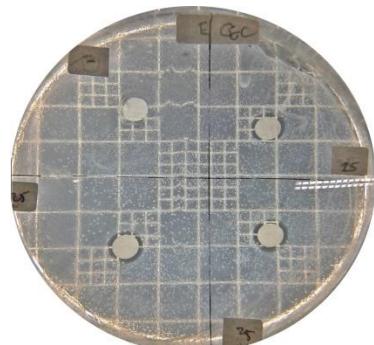
10 ppm



15 ppm

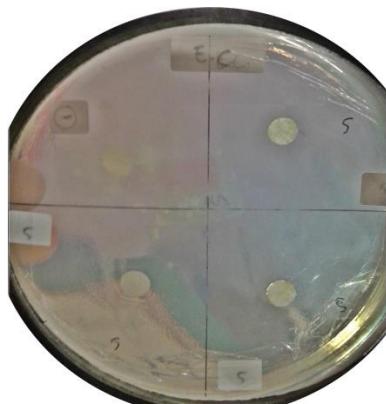


20 ppm

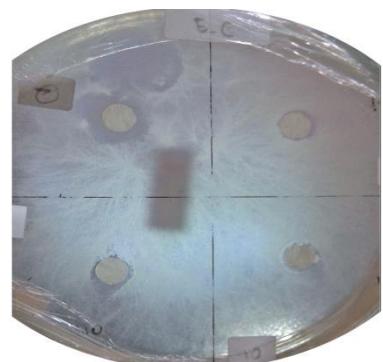


25 ppm

Hari Ketiga



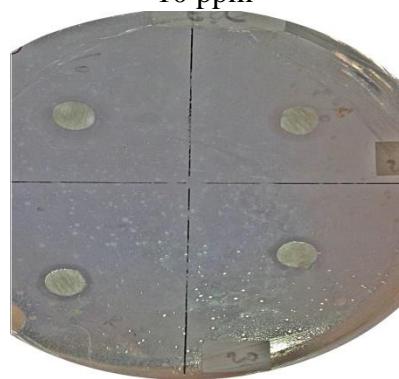
5 ppm



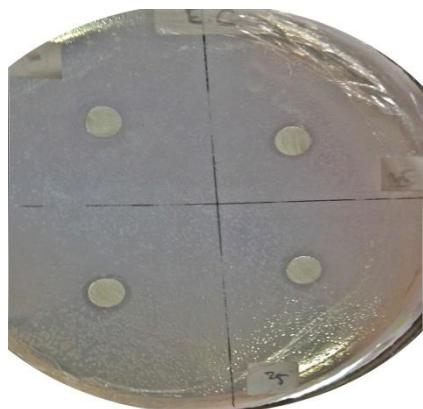
10 ppm



15 ppm



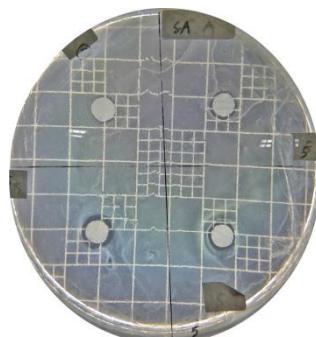
20 ppm



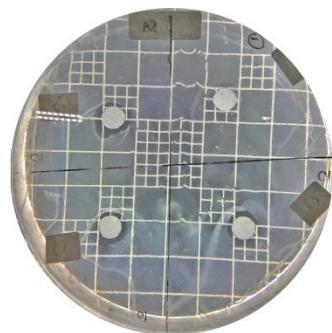
25 ppm

2. *Staphylococcus aureus*

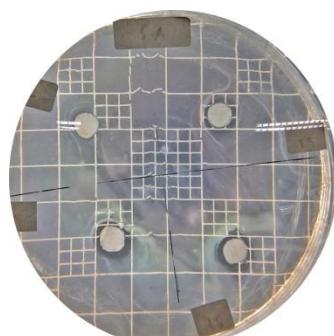
Hari Pertama



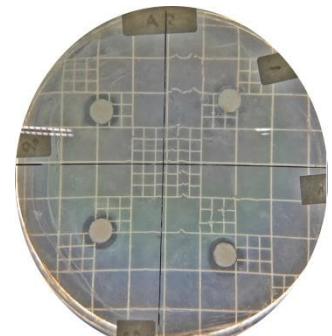
5 ppm



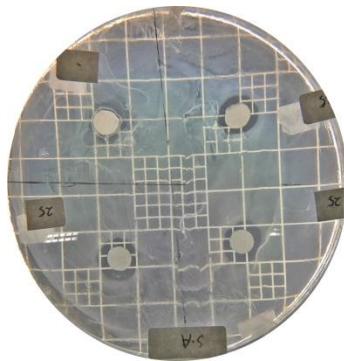
10 ppm



15 ppm

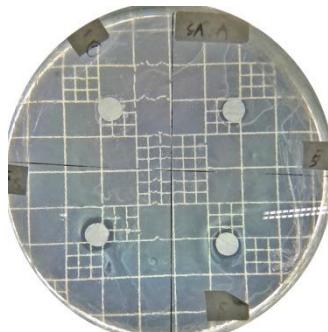


20 ppm

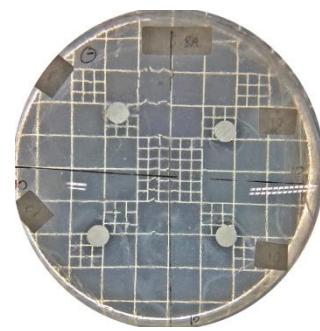


25 ppm

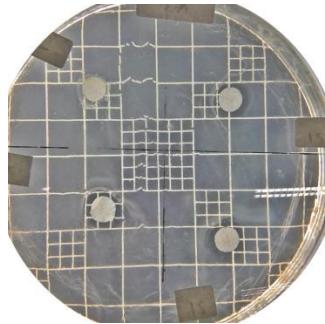
Hari Kedua



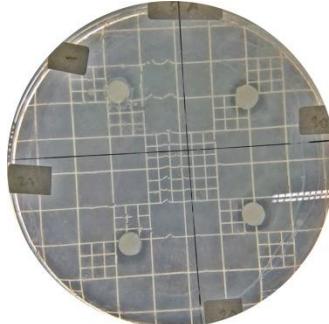
5 ppm



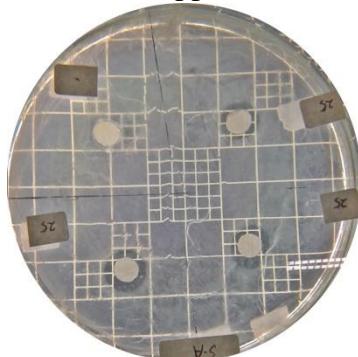
10 ppm



15 ppm

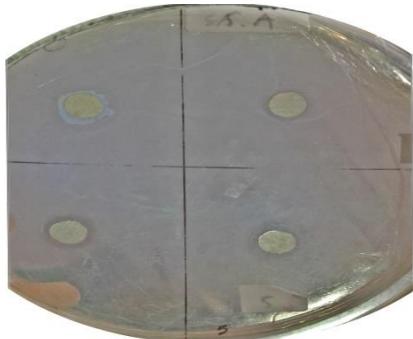


20 ppm

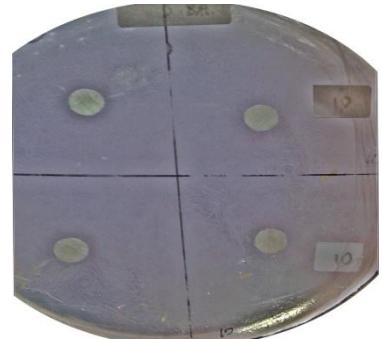


25 ppm

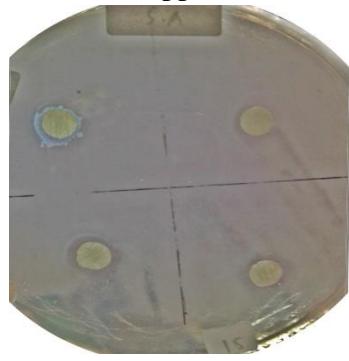
Hari Ketiga



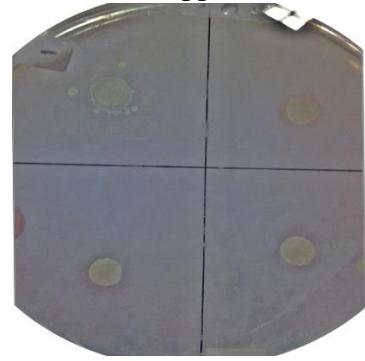
5 ppm



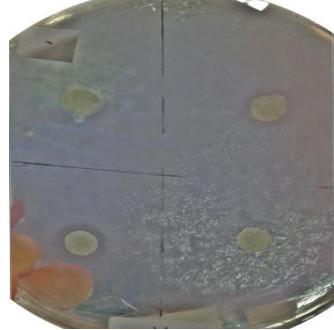
10 ppm



15 ppm



20 ppm



25 ppm

B. Sampel Susu



C. Sampel Nanopartikel Perak

