

**EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL PERAK HASIL
ELEKTROLISIS DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN
JAMUR *Candida albicans***

TUGAS AKHIR SKRIPSI

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



Oleh:
Amiratus Sholikhah
NIM 13306141042

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

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL PERAK HASIL ELEKTROLISIS DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN JAMUR *Candida albicans*

Disusun oleh:

Amiratus Sholikhah
NIM 133061411042

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

Mengetahui,
Ketua Program Studi


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

Yogyakarta, 3 Oktober 2018

Disetujui,
Dosen Pembimbing


Suparne, M.App.Sc., Ph.D.
NIP. 19600814 198803 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL PERAK HASIL ELEKTROLISIS DALAM MENGIHAMBAT PERTUMBUHAN JAMUR *Candida albicans*

Disusun oleh :

Amiratus Sholikhah
NIM.13306141042

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri

Yogyakarta

Pada tanggal 17 Oktober 2018

TIM PENGUJI

Nama/Jabatan

Tanda Tangan

Tancreal

Suparno, Ph.D

Yan Yan

28/-208

Ketua Pengaji/ Pembimbing

W.S. Bram Dwandaru, Ph.D

$$22 - 10 = 18$$

Penguji Pendamping

Dr. Kuncoro Asih N. M.Sc

Chair F

30-10-18

Pengujj Utama

Yogyakarta, 3/12/2018
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dekan



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amiratus Sholikhah
NIM : 13306141042
Program studi : Fisika
Judul TAS : Efektivitas Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Candida albicans*

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar 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, 29 November 2018

Yang menyatakan,



Amiratus Sholikhah
NIM. 13306141042

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Jangan takut jatuh, karena jatuh akan mengajarkan bagaimana caranya untuk berdiri.

Lawan terberatmu adalah dirimu sendiri.

Hidup itu penuh dengan tantangan seperti kepingan puzzle, puzzle akan menyenangkan jika terselesaikan.

Belajar itu sakitnya sementara, senangnya selamanya.

행복하자, 아프지 말고!!!

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk

Ibu dan bapak saya tercinta,

Muntofi'ah

&

Abdul Aziz

Kedua adik saya tersayang,

Muhammad Roikhan Khoirul Anam

&

Feri Ahmad Setiawan

yang selalu memberikan do'a, cinta, semangat dan motivasi yang sangat berarti.

EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL PERAK HASIL ELEKTROLISIS DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN JAMUR *Candida albicans*

Oleh
Amiratus Sholikhah
13306141042

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dengan teknik elektrolisis, mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*, dan mengetahui pengaruh lama waktu inkubasi terhadap efektivitas nanopartikel perak hasil elektrolisis dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*.

Penelitian ini diawali dengan pembuatan larutan nanopartikel perak dengan teknik elektrolisis menggunakan elektroda logam perak dan akuades. Variasi tegangan listrik yang digunakan adalah 5, 15, 25, 35, dan 45 V. Data yang diambil pada proses elektrolisis adalah konsentrasi dan konduktivitas listrik larutan pada menit ke 10, 30, 50, 70, 90, 110, dan 150. Konsentrasi dan konduktivitas listrik nanopartikel diukur menggunakan TDS-EC meter. Sampel diuji dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk memastikan keberadaan nanopartikel perak. Larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dimanfaatkan untuk menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans* dengan metode Kirby-Bauer. Variasi konsentrasi larutan yang digunakan untuk uji kepekaan adalah 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm.

Keberadaan nanopartikel perak hasil elektrolisis ditunjukkan oleh hasil uji spektrofotometer UV-Vis dengan puncak absorbansi maksimum pada sampel berada di rentang panjang gelombang 400-423 nm. Ukuran partikel larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis \pm 6-52 nm. Larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dapat menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Semakin besar konsentrasi larutan nanopartikel perak semakin besar daya hambatnya. Hal ini ditandai dengan semakin besar diameter zona bening. Konsentrasi larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis paling efektif menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans* pada konsentrasi 25 ppm dengan diameter zona bening terbesar yaitu 11,6 mm.

Kata kunci: elektrolisis, nanopartikel perak, *Candida albicans*, daya hambat

EFFECTIVENESS OF THE SILVER NANOPARTICLES PRODUCED BY ELECTROLYSIS IN INHIBIT THE GROWTH OF *Candida albicans*

Oleh
Amiratus Sholikhah
13306141042

ABSTRACT

This study aims to find out the characteristics of silver nanoparticles produced by electrolysis techniques, find out the effect of silver nanoparticles concentration on the growth of *Candida albicans*, and find out the effect of incubation time on the effectiveness of silver nanoparticles produced by electrolysis in inhibit the growth of *Candida albicans*.

This research begins with the making of silver nanoparticles by electrolysis technique using silver metal electrodes and aquades. Variations of electrical voltage used are 5, 15, 25, 35, and 45 V. Data taken in the electrolysis process are concentration of the solids and electrical conductivity of the solution at minutes 10, 30, 50, 70, 90, 110, and 150. The concentration and electrical conductivity of the nanoparticles solution were measured using TDS-EC meters. To ensure the presence of silver nanoparticles, the samples were tested using a UV-Vis Spectrophotometer. The silver nanoparticles solution produced by electrolysis used to inhibit the growth of *Candida albicans* by the Kirby-Bauer method. Variations of solution concentration used for sensitivity test were 5, 10, 15, 20, and 25 ppm.

The presence of silver nanoparticles produced by electrolysis shown by the test results of UV-Vis spectrophotometer with a maximum absorbance peak of the sample in the wavelength range 400-423 nm. The particle size of the solution of silver nanoparticles resulted from electrolysis \pm 6-52 nm. The higher the concentration of silver nanoparticles, the greater the inhibition of the growth of *Candida albicans*. This was indicated by the greater the diameter of the clear zone. The most effective concentration of nanoparticles inhibits the growth of *Candida albicans* was 25 ppm, with the largest diameter of the clear zone 11,6 mm.

Keyword: electrolysis, silver nanoparticles, *Candida albicans*, inhibition

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya, Tugas Akhir Skripsi dalam rangka untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar sarjana sains dengan judul **“Efektivitas Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Candida albicans*”** dapat disusun sesuai dengan harapan. Tugas Akhir Skripsi ini dapat diselesaikan tidak lepas dari bantuan dan kerjasama dengan pihak lain. Berkennaan dengan hal tersebut, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Suparno, Ph.D. selaku pembimbing skripsi dan penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, ilmu, saran, motivasi selama penelitian, penyusunan skripsi serta selama menjadi mahasiswa di Prodi Fisika, Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA UNY.
2. Bapak Suparno, Ph.D., Dr. Kuncoro Asih Nugroho, M.Sc dan W.S. Bram Dwandaru selaku ketua penguji, penguji utama dan penguji pendamping yang sudah memberikan koreksi perbaikan secara komprehensif terhadap TAS ini.
3. Bapak Nur Kadarisman, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNY yang telah memberi izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
4. Bapak Yusman Wiyatmo, M.Si dan Nur Kadarisman, M.Si selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika dan Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
5. Bapak Dr. Hartono, M.Si selaku Dekan FMIPA UNY atas pemberian fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
6. Semua Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang bermanfaat.
7. Haris Murtanto, selaku laboran fisika lantai II yang telah memberi pinjaman alat dan membantu dalam pelaksanaan penelitian di Laboratorium Koloid.

8. Rekan-Rekan Fisika E 2013 yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis
9. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu

Akhirnya, semoga segala bantuan yang telah diberikan semua pihak di atas menjadi amalan yang bermanfaat dan mendapatkan balasan dari Allah SWT dan Tugas Akhir Skripsi ini menjadi informasi bermanfaat bagi pembaca atau pihak lain yang membutuhkannya.

Yogyakarta, 29 November 2018

Penulis



Amiratus Sholikhah

NIM.13306141042

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Deskripsi Teori	8
1. Nanoteknologi	8
2. Sel Elektrolisis.....	11
3. Spektrofotometri Ultra Violet dan Tampak (<i>UV-Visible</i>)	12
4. Resistansi Antimikroba/ Antibiotik.....	18
5. <i>Candida albicans</i>	20
6. TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	22
7. Daya Hantar Listrik	23
8. Metode Cakram Kirby-Bauer	24

B. Kerangka Berpikir	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
1. Tempat Penelitian.....	27
2. Waktu Penelitian	27
B. Variabel Penelitian.....	28
1. Pembuatan Larutan Nanopartikel Perak	28
2. Uji Spektrofotometer UV-Vis	28
3. Uji Daya Hambat Larutan Nanopartikel Perak.....	28
C. Jenis Penelitian	29
D. Alat dan Bahan	29
1. Pembuatan Larutan Nanopartikel Perak dengan Teknik Elektrolisis	29
2. Uji Spektrofotometer UV-Vis	30
3. Uji Daya Hambat Larutan terhadap Jamur <i>Candida albicans</i>	30
E. Prosedur Penelitian	31
1. Pembuatan Nanopartikel Perak Menggunakan Teknik Elektrolisis dengan Variasi Besar Tegangan Listrik dan Lama Waktu Elektrolisis.	31
2. Uji Spektrofotometer UV-Vis	33
3. Uji Daya Hambat Larutan terhadap Jamur <i>Candida albicans</i>	33
F. Teknik Analisis Data	39
1. Analisis Data Elektrolisis	39
2. Analisis Data Uji Spektrofotometer UV-Vis.....	39
3. Analisis Data Uji Daya Hambat Larutan.....	40
G. Diagram Alir Penelitian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
A. Hasil dari Proses Elektrolisis	44
1. Hubungan Tegangan Listrik dengan Total Padatan Terlarut (TDS)	44
2. Hubungan Waktu dengan Total Padatan Terlarut (TDS)	47
3. Hubungan Tegangan Listrik dengan Konduktivitas Listrik (EC).....	48
4. Hubungan Waktu dengan Konduktivitas Listrik (EC)	50
B. Uji Spektrofotometer UV-Vis.....	53
C. Uji Kepekaan Larutan Nanopartikel Perak terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Candida albicans</i>	58

1. Hubungan Konsentrasi Larutan dengan Diameter Zona Bening.....	59
2. Hubungan Waktu Inkubasi dengan Diamater Zona Bening	62
BAB V PENUTUP	64
A. Kesimpulan.....	64
B. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	70
Lampiran 1. Data Hasil Elektrolisis	71
Lampiran 2. Grafik Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis.....	72
Lampiran 3. Pengenceran.....	75
Lampiran 4. Data Uji Kepakaan Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Candida albicans</i>	76
Lampiran 5. Data Fitting Grafik	83
Lampiran 6. Dokumentasi.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Sel elektrolitik	12
Gambar 2. Senyawa Organik yang Dapat Dianalisis dengan Spektroskopi UV.....	13
Gambar 3. Skema Instrumentasi UV-Vis	14
Gambar 4. Tipe Transisi Elektronik dalam Molekul Organik	16
Gambar 5. Absorbsi Sinar UV-Vis oleh Larutan Sampel dalam Kuvet.....	17
Gambar 6. Skema Sel Elektrolisis untuk.....	32
Gambar 7. Skema Sampel dan Zona Bening	38
Gambar 8. Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 9. Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Total Padatan Terlarut (TDS)....	46
Gambar 10. Grafik Hubungan Lama Waktu Elektrolisis dengan Total Padatan Terlarut (TDS)	47
Gambar 11. Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Konduktivitas Listrik (EC).....	49
Gambar 12. Grafik Hubungan Lama Waktu Elektrolisis dengan Konduktivitas Listrik (EC).....	51
Gambar 13. Spektrum UV-Vis Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dari Beberapa Variasi Tegangan	54
Gambar 14. Grafik Hasil Ekstrapolasi Kisaran Ukuran Nanopartikel Perak	57
Gambar 15. Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dengan Diameter Zona Bening pada Jamur <i>Candida albicans</i>	61
Gambar 16. Grafik Hubungan Waktu Inkubasi dengan Diameter Zona Bening pada Jamur <i>Candida albicans</i>	62

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dengan Variasi Voltase untuk Setiap Rentang Waktu.....	45
Tabel 2. Data Konduktivitas Listrik Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dengan Variasi Voltase untuk Setiap Rentang Waktu	48
Tabel 3. Data Panjang Gelombang Nanopartikel Perak Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis.....	55
Tabel 4. Perbandingan Ukuran Partikel terhadap Panjang Gelombang Partikel (Solomon, dkk., 2007: 324).	56
Tabel 5. Data Diameter Zona Bening Jamur <i>Candida albicans</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Elektrolisis	71
Lampiran 2. Grafik Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis.....	72
Lampiran 3. Pengenceran.....	75
Lampiran 4. Data Uji Kepakaan Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Candida albicans</i>	76
Lampiran 5. Data Fitting Grafik	83
Lampiran 6. Dokumentasi.....	95

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kekebalan tubuh sangatlah penting untuk keberlangsungan hidup makhluk hidup. Namun, kekebalan juga dapat menimbulkan bencana bagi manusia yaitu jika kekebalan terjadi pada kuman. Kuman di era sekarang banyak yang kebal terhadap obat atau bersifat *resistance*. Di sisi lain, kuman dapat menimbulkan infeksi yang menyebabkan penyakit pada tubuh.

Munculnya fenomena resistensi antimikroba (AMR) di era sekarang menjadi permasalahan di dunia kesehatan. Resistensi antimikroba muncul karena mikroorganisme mengalami perubahan sistem pertahanan sehingga infeksi mikroorganisme yang sebelumnya mudah disembuhkan menjadi sukar untuk disembuhkan. Penggunaan obat-obatan antibiotik menjadi salah satu penyebab resistensi antimikroba (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2016).

Infeksi adalah proses dimana mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur dan parasit masuk dan menyerang ke dalam tubuh saat kondisi tubuh tidak normal. Beberapa mikroorganisme ada yang secara alami hidup di organ tubuh manusia tetapi ada saat dimana mikroorganisme tersebut berubah menjadi patogen. Mikroorganisme memiliki berbagai

cara untuk masuk ke dalam tubuh. Cara penularannya dibagi menjadi kontak langsung dan tidak langsung (Zulmiyusrini, 2015).

Penyakit yang disebabkan infeksi jamur banyak dialami manusia. Salah satu penyakit yang disebabkan oleh jamur adalah kandidiasis. Kandidiasis disebabkan oleh infeksi jamur *Candida sp.* Infeksi *Candida* dapat terjadi apabila ada faktor predisposisi baik endogen maupun eksogen. Penyakit yang disebabkan oleh *Candida* dapat mengenai mulut, vagina, kulit, kuku, bronki atau paru, kadang-kadang dapat menyebabkan septikemia, endokarditis, atau meningitis (Simatupang, 2009: 1). *Candida* adalah kelompok jamur yang secara alami terdapat atau hidup di bagian tubuh seperti mulut, perut dan kulit. *Candida* akan berubah menjadi patogen jika ada keadaan atau kondisi yang berubah (seperti sistem imun atau kekebalan tubuh inang menurun). Hal ini menyebabkan *Candida* berkembang biak dan tumbuh secara berlebihan sehingga menyebabkan infeksi yang disebut *Candidiasis*. Beberapa penyakit *Candidiasis* diantaranya kandidiasis orofaringeal pada mulut, kandidiasis vaginalis pada vagina, kandidiasis genital pada laki-laki dan ada keadaan dimana kandidiasis pada tahap berbahaya yaitu *Candidiasis invansif* dimana *Candida* masuk masuk aliran darahmenyebar ke seluruh tubuh dan organ penting (Admin, 2018).

Penyebab kandidiasis terbanyak adalah jamur *Candida albicans*. *C. albicans* hanya akan menjadi patogenik bila terdapat situasi yang memungkinkan untuk terjadinya multiplikasi. Termasuk diantaranya

adalah pemakaian steroid sistemik maupun topikal, terjadinya penurunan imunitas karena suatu sebab apapun (misalnya limfoma, AIDS), pemakaian antibiotik spektrum luas, diabetes melitus, dan aposisi daerah-daerah kulit sehingga menghasilkan lingkungan yang hangat dan lembap (Graham-Brown & Burns, 2005: 38). *Candida albicans* menyebabkan sejumlah infeksi seperti kandidiasis mukosa, kandidiasis diseminata dan infeksi oportunistik. *Candida albicans* adalah monomorphic yeast dan yeast like organisme, tumbuh dengan baik pada suhu 25-30°C dan juga 35-37°C. Infeksi yang disebabkan kandida dapat berupa akut, subakut atau kronis pada seluruh tubuh manusia (Mutiawati, 2016: 53).

Infeksi oleh kandida dapat terjadi secara endogen dan eksogen (berkontak langsung). Infeksi endogen lebih sering terjadi karena kandida bersifat saprofit di dalam traktus digestivus sedangkan infeksi eksogen dapat terjadi bila sel-sel ragi menempel pada kulit atau selaput lendir sehingga muncul kenainan-kelainan pada kulit (Siregar, 2005: 46).

Di sisi lain, perkembangan nanosains dan nanoteknologi semakin pesat. Nanoteknologi memungkinkan merekayasa material dalam ukuran nanometer. Satu nanometer setara dengan sepersatu miliar meter, kurang lebih seratus ribu kali lebih kecil dari diameter rambut manusia, seribu kali lebih kecil dari sel darah merah, dan setengah kali diameter DNA. Sementara pengertian teknologi nano adalah suatu proses rekayasa dari fungsi sistem pada tingkat molekular. Teknologi ini mengacu pada

manipulasi atau perakitan diri dari atom, molekul atau kelompok molekul menjadi material atau alat dengan sifat-sifat baru (Riwayati, 2007:17).

Ukuran material nano sangat kecil, dimana material nano memiliki ukuran diameter antara 1 sampai 100 nanometer. Pada skala ukuran ini partikel dapat mempunyai sifat dan fungsi yang jauh berbeda dibandingkan dengan partikel yang sama tetapi dengan ukuran yang lebih besar (Riwayati, 2007:18). Nanopartikel dapat digunakan dalam mengatasi kelarutan zat aktif yang sukar larut, memperbaiki bioavailabilitas yang buruk, memodifikasi sistem penghantaran obat, meningkatkan stabilitas zat aktif dan memperbaiki absorpsi, selain itu mampu untuk menembus ruang-ruang antar sel yang dapat ditembus oleh partikel koloidal (Abdassah, 2017: 45).

Koloid logam perak sudah lama diteliti dan diaplikasikan dalam produk. Koloid perak memiliki sifat fisika dan kimia yang khas, selain itu memiliki sifat antimikroba yang mampu membunuh mikroorganisme patogenik dan belum dilaporkan adanya mikroba yang resisten terhadap perak (Haryono, dkk., 2008: 157). Kemampuan tersebut memungkinkan nanopartikel perak dapat dijadikan pengganti dari obat-obat antimikroba yang mulai tidak efektif dalam mengobati infeksi kuman.

Nanopartikel perak telah diproduksi menggunakan metode-metode yang berbeda seperti metode elektrokimia, dekomposisi termal, ablasi laser, iradiasi *microwave* dan sintesis sonokimia (Guzman, dkk., 20018: 91). Diantara banyak metode yang dapat dilakukan, metode reduksi kimia

dipilih sebagai metode yang paling efektif untuk menghasilkan nanopartikel perak. Hal ini disebabkan oleh langkah kerja yang mudah, cepat, murah, dan menggunakan temperatur rendah (Ariyanta, 2014: 37). Akan tetapi metode reduksi kimia membutuhkan bahan pereduksi. Pereduksi ini biasanya dari bahan kimia yang kurang ramah lingkungan.

Pada penelitian ini akan menggunakan metode elektrolisis pada pembuatan larutan nanopartikel perak. Penggunaan metode elektrolisis tidak membutuhkan bahan pereduksi sehingga lebih ramah lingkungan. Menurut Riyanto (2012: 19) sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk dapat berlangsungnya reaksi kimia. Pada sel elektrolisis, reaksi kimia tidak terjadi secara spontan tetapi melalui perbedaan potensial yang dipicu dari luar sistem. Anoda berfungsi sebagai elektroda bermuatan positif dan katoda bermuatan negatif, sehingga arus listrik mengalir dari anoda ke katoda.

Larutan nanopartikel perak hasil dari proses elektrolisis pada penelitian ini dimanfaatkan untuk menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Larutan diuji daya hambatnya menggunakan metode Kirby-Bauer yaitu dengan mengamati zona bening yang timbul akibat sifat antimikroba dari larutan. Adanya zona bening yang timbul menandakan larutan memiliki sifat menghambat terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans* Paramita,dkk., (2016: 8) menyatakan bahwa aktivitas antifungi ditandai dengan munculnya daerah zona hambatan disekitar disk uji.

B. Identifikasi Masalah

Banyak kuman seperti jamur semakin resisten terhadap obat-obatan antimikroba. Hal ini mengakibatkan semakin sukar untuk menyembuhkan penyakit yang disebabkan oleh infeksi jamur, sehingga perlu dikembangkan bahan lain untuk membunuh jamur. Dalam hal ini kami menggunakan nanopartikel perak hasil proses elektrolisis untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh jamur.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada pembuatan nanopartikel perak dengan metode elektrolisis pada logam perak. Selain itu, perlakuan terhadap larutan hasil elektrolisis logam perak dibatasi dengan uji spektrofotometer UV-Vis dan kepekaan (daya hambat) terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah, maka dalam penelitian ini dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dengan teknik elektrolisis?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi nanopartikel perak terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*?
3. Bagaimana pengaruh lama waktu inkubasi terhadap efektivitas nanopartikel perak hasil elektrolisis dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dengan teknik elektrolisis.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*.
3. Mengetahui pengaruh lama waktu inkubasi terhadap efektivitas nanopartikel perak hasil elektrolisis dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai metode pembuatan nanopartikel perak dengan teknik elektrolisis.
2. Memberikan informasi mengenai karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dari teknik elektrolisis.
3. Memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*.
4. Dapat ikut serta dalam pengembangan nanoteknologi.
5. Nanopartikel perak dapat diaplikasikan dalam pengembangan produk-produk antimikroba.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Nanoteknologi

Nanoteknologi secara umum dapat didefinisikan sebagai teknologi perancangan (desain), pembuatan dan aplikasi struktur atau material yang berdimensi nanometer. Nanoteknologi tidak hanya sebatas tentang cara menghasilkan material atau partikel yang berukuran nanometer, melainkan memiliki pengertian yang lebih luas termasuk cara memproduksi serta mengetahui kegunaan sifat baru yang muncul dari material nano yang telah dibuat (Ariyanta, 2014: 37).

Teknologi nanopartikel dikembangkan dalam sistem penghantaran obat, dimana partikel yang berada dalam skala nanometer memiliki sifat fisik yang khas dibanding partikel yang berukuran lebih besar. Teknologi nanopartikel dapat dikombinasikan dengan teknologi lain, sehingga membuka peluang untuk dihasilkannya sistem penghantaran obat yang lebih baik. Nanopartikel mampu untuk dikonjugasikan dengan berbagai molekul pendukung tambahan, sehingga menghasilkan sebuah sistem baru dengan spesifikasi lebih lengkap (Martien, dkk., 2012: 133).

Beberapa contoh penerapan teknologi nano dalam berbagai bidang diantaranya, bidang obat-obatan dan kesehatan yaitu *delivery drug* (suatu cara untuk mengirim obat-obatan ke dalam bagian tubuh yang sakit secara efektif dan efisien), teknologi informasi yaitu GMR *Hard disk*, di bidang

produksi dan penyimpanan energi yaitu *Hydrogen fuel cell*. Bidang Ilmu bahan menerapkan teknologi nano untuk pengembangan material yang lebih ringan dan lebih kuat menggunakan komposit, sedangkan di bidang makanan, air dan lingkungan digunakan untuk *Remedy mathodes* (pengembangan metode-metode perbaikan dalam bidang-bidang tersebut). Contoh penerapan teknologi nano di bidang peralatan adalah *Tunneling microscopy* (Riwayati, 2007: 17).

a. Metode Pembuatan Nanopartikel

Nanopartikel telah diteliti secara intensif karena keunikan sifat fisik, reaktifitas kimia, dan potensi aplikasinya yang berdampak pada dunia akademik dan industri. Ada dua metode besar untuk membuat nanopartikel, yaitu metode *top-down* dan metode *bottom-up* (Haryono, dkk., 2008: 156). *Top-down* berarti memperkecil ukuran sampai pada skala nano contohnya diterapkan pada elektro nano dan rekayasa nano. *Bottom-up* merupakan kebalikan proses dari *top-down*, dimana pada proses ini atom-atom atau molekul dimanipulasi sehingga menjadi susunan dengan skala nano (Riwayati, 2007:17).

Metode *top-down* dapat dilakukan dengan melakukan *milling* atau metode korosi atau abrasi dengan penambahan asam, sedangkan metode *bottom-up* dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti kimia, elektrokimia, radiasi, fotokimia, abrasi laser, dan lain-lain. Preparasi nanopartikel dengan menggunakan metode *bottom-up* mampu membuat nanopartikel dalam ukuran antara 1 sampai 10 nm

dan memiliki stabilitas yang lebih baik dibanding menggunakan metode *top-down* (Haryono, dkk., 2008: 156).

b. Nanopartikel Perak

Nanopartikel perak (Ag-NPs) adalah partikel perak berukuran 1-100 nm. Nanopartikel perak memiliki sifat unik seperti, konduktivitas listrik dan panas yang tinggi, stabilitas kimia, aktivitas katalitik dan perilaku optik non linear, aktivitas spektrum bakterisida dan fungisida yang luas, selain itu penggunaanya dapat dalam bentuk cair (seperti koloid) dan solid. Nanopartikel perak dapat dimanfaatkan dalam membran filtrasi pemurnian air dan industri tekstil (Lubis, 2015: 50).

c. Nanopartikel Perak sebagai Agen Antimikroba

Produk nanopartikel sebagai antimikroba telah banyak dipasarkan, dimana logam perak memiliki sifat antimikroba yang bersifat toksik bagi mikroba namun aman bagi manusia. Ion perak mampu merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel (karena interaksi antara perak dengan makromolekul dalam sel) dan menghambat sintesis sel mikroba. Partikel perak dalam skala nano lebih reaktif dan mudah terionisasi dibanding dengan partikel perak ukuran yang lebih besar, luas permukaan semakin besar sehingga memiliki kemampuan antimikroba yang lebih kuat. Nanopartikel perak dapat memproduksi *reactive oxygen species* (ROS) yang merupakan molekul sangat reaktif berdampak terhadap metabolisme sel,

menyebabkan peradangan dan rusaknya protein, membran dan DNA (Haryono, dkk., 2008: 160-161).

2. Sel Elektrolisis

Elektrolisis adalah proses dimana menggunakan energi listrik untuk menghasilkan reaksi redoks non-spontan. Alat yang digunakan untuk proses elektrolisis adalah sel elektrolisis. Elektrolisis biasanya menggunakan elektroda inert seperti karbon dan platina yang tidak bereaksi dengan ion-ion dari lelehan atau cairan yang dielektrolis. Elektroda inert berfungsi sebagai penyedia permukaan tempat reaksi redoks dan penghantar elektron dari atau ke sumber arus (Mulyati & Nurkhozin, 2016: 271-272).

Elektroda yang digunakan dalam sel elektrolisis terdiri dari dua jenis yaitu:

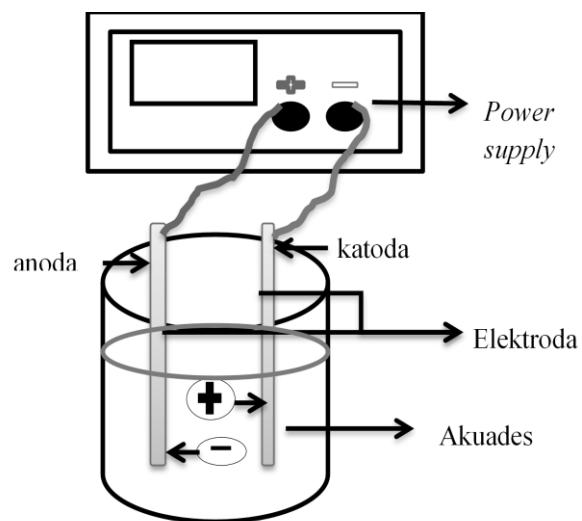
a. Elektroda inert

Elektroda inert adalah elektroda yang tidak ikut bereaksi baik sebagai katoda maupun anoda, yang mengalami reaksi redoks adalah elektrolit sebagai zat terlarut dan atau air sebagai pelarut. Contohnya adalah karbon (C) dan platina (Pt).

b. Elektroda tidak inert atau elektroda aktif

Elektroda tidak inert atau elektroda aktif yaitu elektroda yang ikut bereaksi, terutama jika digunakan sebagai anoda, dapat mengalami reaksi oksidasi. Contohnya adalah: Fe, Al, Cu, Zn, Ag, dan Au (Riyanto, 2012: 19).

Sumber arus listrik berfungsi sebagai pompa yang menggerakkan elektron ke katoda, dimana elektron ditangkap kation sehingga kation tereduksi. Pada saat yang sama, sumber arus menarik elektron menuju katoda, sehingga pada sel elektolisis katoda merupakan elektroda . anion yang merupakan ion negatif menuju anoda sehingga anoda merupakan elektroda positif (Mulyati & Nurkhozin, 2016: 272-273). Diagram sel elektrolitik disajikan dalam gambar 1.

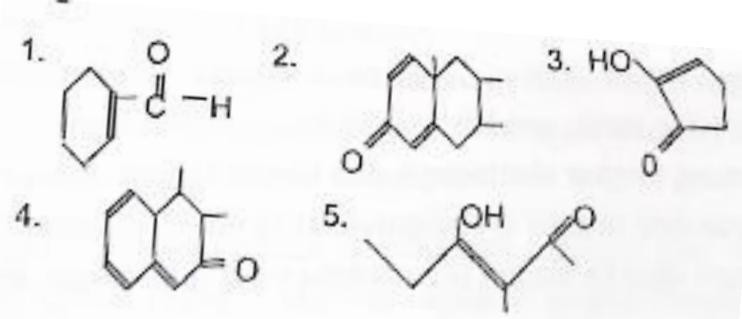


Gambar 1. Diagram Sel elektrolitik

3. Spektrofotometri Ultra Violet dan Tampak (*UV-Visible*)

Sinar ultraviolet berada pada panjang gelombang 200-400 nm, sedangkan sinar tampak berada pada panjang gelombang 400-800 nm (Dachriyanus, 2004: 1). Ultraviolet jauh memiliki rentang panjang gelombang $\pm 10 - 200$ nm, sedangkan ultraviolet dekat memiliki rentang panjang gelombang $\pm 200-400$ nm (Suhartati, 2017: 1).

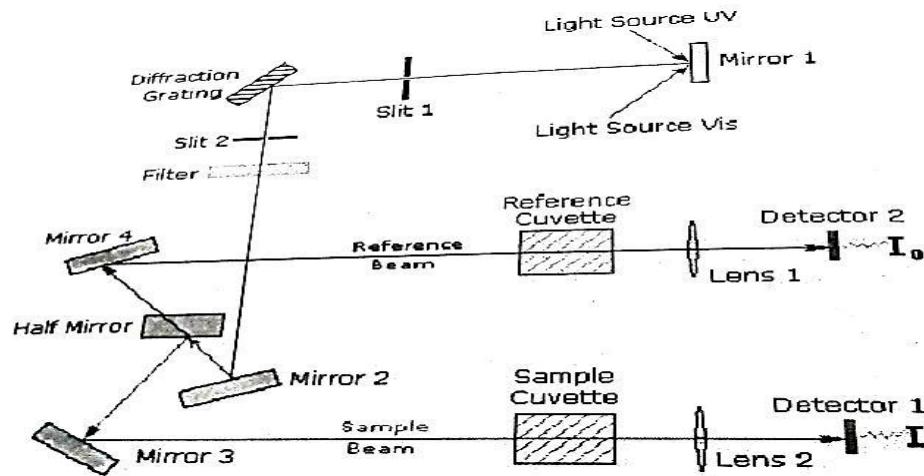
Spektroskopi UV - Vis digunakan untuk tujuan analisis kualitatif dan kuantitatif. Spektroskopi UV adalah untuk analisis senyawa organik yang mengandung gugus kromofor yaitu diene terkonjugasi ($C - C-C =C$) dan enon (ketena) $C = C - C =O$. Beberapa senyawa organik yang dapat dianalisis dengan spektroskopi UV adalah seperti berikut.



Gambar 2. Senyawa Organik yang Dapat Dianalisis dengan Spektroskopi UV

(Ibrahim & Sitorus., 2013: 85).

Elektron-elektron ikatan dan elektron-elektron non-ikatan (elektron bebas) dari molekul cepat berinteraksi dengan sinar UV dan tampak. Sinar UV dan tampak merupakan energi, bila mengenai elektron-elektron tersebut, maka elektron akan tereksitasi dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi, eksitasi elektron-elektron ini, direkam dalam bentuk spektrum yang dinyatakan sebagai panjang gelombang dan absorbansi, sesuai dengan jenis elektron-elektron yang terdapat dalam molekul yang dianalisis. Semakin mudah elektron-elektron bereksitasi semakin besar panjang gelombang yang diabsorbsi, semakin banyak elektron yang bereksitasi semakin tinggi absorban (serapan) (Suhartati, 2017: 2). Skema peralatan spektroskopi UV-Vis adalah seperti Gambar 3.



Gambar 3. Skema Instrumentasi UV-Vis

(Ibrahim & Sitorus., 2013: 86).

Komponen-komponen pada alat spektroskopi diantaranya adalah sumber cahaya, monokromator, tempat sampel dan detektor. Sumber Cahaya Tampak yang paling umum dipakai adalah lampu Wolfram. Sedangkan sumber radiasi Ultra-violet biasa dipergunakan lampu Hidrogen atau Deuterium yang terdiri dari tabung kaca dengan jendela dari kwartz yang mengandung Hidrogen dengan tekanan tinggi (Triyati, 1985: 42). Monokromator pada spektrometer UV-Vis digunakan lensa prisma dan filter optik. Sel sampel berupa kuvet yang terbuat dari kuarsa atau gelas dengan lebar yang bervariasi. Detektor berupa detektor foto atau detektor panas atau detektor dioda foto, berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik (Suhartati, 2017: 3-4)

a. Interaksi Sinar UV-Vis dengan Senyawa

Interaksi sinar ultraviolet dan tampak menghasilkan transisi elektronik dari elektron-elektron ikatan, baik sigma (σ) dan pi (π) maupun elektron non ikatan (n) dalam molekul organik. Transisi elektronik yang terjadi merupakan perpindahan elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi. Tingkat tereksitasi elektron molekul organik ada dua jenis, pi bintang (π^*) dan sigma bintang (σ^*), sehingga bila molekul organik yang memiliki elektron-elektron sigma, pi, dan n, misalnya pada molekul aseton, maka tipe transisi elektroniknya meliputi $\sigma \rightarrow \sigma^*$, $\sigma \rightarrow \pi^*$, $\pi \rightarrow \pi^*$, $\pi \rightarrow \sigma^*$, $n \rightarrow \sigma^*$, $n \rightarrow \pi^*$ (Gambar 4). Transisi elektron membutuhkan energi yang besarnya sesuai dengan jenis elektron ikatan dan non-ikatan dalam molekul organik agar dapat terjadi. Besarnya energi untuk transisi dapat dihitung dari persamaan Planck, yaitu:

$$E = h \times U = h \times c/\lambda \quad \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

E = energi (joule)

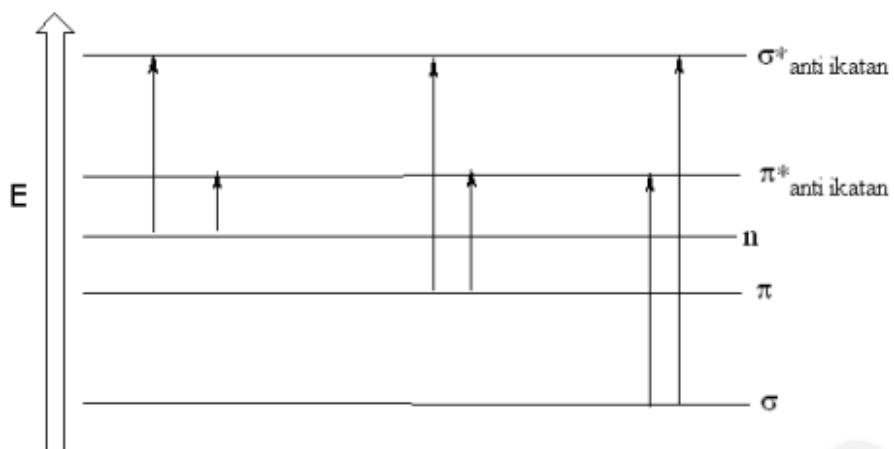
h = tetapan Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ J.s),

U = frekuensi sinar (Hz)

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m.s $^{-1}$).

λ = panjang gelombang (m)

(Suhartati, 2017: 6).



Gambar 4. Tipe Transisi Elektronik dalam Molekul Organik
(Suhartati, 2017: 7).

b. Spektrum UV-Vis

Spektrum UV-Vis berupa grafik dengan absis panjang gelombang dan ordinat adalah absorbansi. Bentuk spektrum UV-Vis umumnya berupa pita lebar karena energi yang diserap menyebabkan terjadinya transisi elektronik, rotasi elektron dan vibrasi elektron ikatan dalam molekul. Perbedaan transisi elektronik kecil, transisi dapat terjadi dalam keadaan apa saja ke keadaan mana saja (Suhartati, 2017: 11).

Spektrum serapan cahaya merupakan fungsi dari panjang gelombang. Pengukuran konsentrasi dari absorban suatu senyawa bisa dilakukan dengan memakai hukum Lambert-Beer (Dachriyanus, 2004: 7). Semakin banyak sinar yang diabsorbsi oleh sampel organik pada panjang gelombang tertentu, semakin tinggi absorban, yang dinyatakan dalam hukum Lambert-Beer (Suhartati, 2017: 11).

$$A = -\log T = -\log (I/I_o) = \log I_o/I = a \cdot b \cdot c = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad \dots\dots \quad (2)$$

Keterangan:

A = absorban

T = transmitansi

a = absorptivitas ($\text{g}^{-1} \text{cm}^{-1}$)

b = lebar sel yang dilalui sinar (cm)

c = konsentrasi (mol/L)

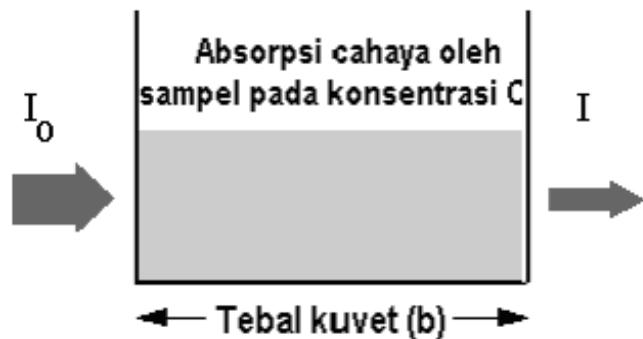
ε = ekstinsi (absorptivitas) molar ($\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)

I_o = intensitas sinar sebelum melalui sampel (Cd)

I = intensitas sinar setelah melalui sampel (Cd)

(Dachriyanus, 2004: 8-9; Suhartati , 2017:11-12).

Gambar absorbsi sinar UV-Vis oleh larutan sampel dalam kuvet ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Absorbsi Sinar UV-Vis oleh Larutan Sampel dalam Kuvet

(Dachriyanus, 2004: 9).

4. Resistansi Antimikroba/ Antibiotik

Tantangan utama yang dihadapi dunia saat ini adalah pengobatan bakteri patogen yang telah menjadi resisten terhadap antibiotik yang ada. Resistensi terhadap antibiotik atau obat-obatan semakin meningkat. Peningkatan insiden resistensi antibiotik pada mikroorganisme membutuhkan terapi alternatif untuk menekan infeksi mikroorganisme yang resisten (Suryawanshi, dkk., 2018: 202).

Resistensi antimikroba terhadap enteropatogen terjadi diberbagai negara, khususnya negara berkembang. Hal ini disebabkan beberapa hal diantaranya kemudahan dalam memperoleh obat antimikroba, regimen terapi yang sub-optimal, penggunaan poli-antimikroba, kurangnya fasilitas laboratorium sebagai sarana penunjang diagnostik untuk penulisan resep, berpindahnya gen bakteri yang resisten, penyebaran galur bakteri yang resisten di masyarakat dan rumah sakit (Yenny & Hermawan, 2007: 55).

Resistansi antibiotik merupakan masalah berkembang yang menimbulkan ancaman serius terhadap pengobatan pada banyak penyakit parah (Locke, dkk., 2013: 110). Resistensi antibiotik dipercepat dengan penggunaan antibiotik secara berlebihan, pencegahan dan pengendalian infeksi yang buruk. Resistensi antibiotik terjadi karena bakteri penyebab infeksi kebal terhadap antibiotik (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Kuman patogen mampu mengembangkan mekanisme bertahan hidup dari efek antimikroba dengan cara membentuk suatu enzim yang dapat merusak antimikroba sampai pada kemampuannya untuk melakukan modifikasi dari proses metabolismiknya. Setiap diperkenalkannya dan digunakannya suatu antimikroba yang baru maka mekanisme menghindar yang baru lebih kompleks secara cepat akan dikembangkan oleh mikroorganisme (Adrianto & Yuwono, 2018: 76).

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 target 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, dkk., 2013: 111).

5. *Candida albicans*

Ada banyak spesies dari genus *Candida* yang menyebabkan penyakit ini. Infeksi yang disebabkan oleh semua spesies *Candida* disebut kandidiasis. *Candida albicans* adalah organisme endogen. Hal ini dapat ditemukan dalam 40-80% dari manusia normal. Kandida terdapat dalam mulut, usus, dan vagina, dan bertindak sebagai komensal atau organisme patogen. Infeksi *Candida* biasanya terjadi ketika klien memiliki beberapa perubahan dalam imunitas seluler, flora normal atau fisiologi normal. Klien dengan penurunan imunitas seluler mengalami penurunan resistensi terhadap infeksi jamur. Beberapa pencetus yang lain yang menyebabkan golongan kandida ini patogen yaitu penggunaan antibiotika yang terlalu lama, penggunaan steroid, prosedur invasif, seperti operasi jantung dan kateter, penggunaan kontraseptif/anti hamil, penggunaan imunosupresor, pakaian dalam yang terlampau ketat dan bahannya banyak mengandung nilon (Padoli, 2016: 46).

a. Morfologi dan Taksonomi *Candida albicans*

Kandida adalah masuk ke dalam kelompok jamur. Menurut Lodder (1970) dalam (Siregar, 2004: 44-45), taksonomi kandida adalah:

Fungi *imperfecti* atau *Deutromycota*

Famili : *Cryptococcaceae*

Subfamili : *Candidoidea*

Genus : *Candida*

Spesies pada manusia:

Candida albicans

Candida stellatoidea

Candida tropicalis

Candida pseudotropicalis

Candida krusei

Candida parapsilosis

Candida guilliermondii

Sel-sel jamur kandida berbentuk bulat, lonjong, atau bulat lonjong dengan ukuran $2-5\mu \times 3-6\mu$ sampai $2-5,5\mu \times 5-28,5\mu$. Berkembang biak dengan memperbanyak diri dengan spora yang tumbuh dari tunas, disebut blastospora (Siregar, 2004: 44-45).

Candida albicans merupakan organisme yang terdiri dari sel-sel bulat atau oval yang membelah diri melalui pertunasan (*budding*). Terlepas dari bentuk raginya, *Candida albicans* bisa membuat pseudohifa yang terdiri dari banyak sel yang tersusun linier, atau pada keadaan-keadaan tertentu, membentuk hifa yang bersepta (Graham-Brown & Burns, 2005: 32).

b. Resistansi *Candida albicans*

Salah satu fitur spesifik patogenisitas spesies *Candida* adalah kemampuan mereka untuk membentuk biofilm, yang melindungi mereka dari faktor-faktor eksternal seperti sistem pertahanan kekebalan inang dan obat antijamur (Cavalheiro & Teixeira, 2018: 1).

Biofilm *C. albicans* secara intrinsik resisten terhadap terapi antijamur konvensional, sistem imun inang, dan gangguan lingkungan lainnya, membuat infeksi berbasis biofilm menjadi tantangan klinis yang signifikan (Nobile & Johnson, 2015: 71).

6. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Total padatan terlarut (*Total Dissolved Solid* atau TDS) adalah bahan-bahan yang terlarut (diameter $< 10^{-6}$ mm) dan koloid (diameter 10^{-6} mm – 10^{-3} mm) berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring 0,45 μm (Rau, 1992 dalam Effendi, 2003: 64). Total padatan terlarut adalah jumlah partikel yang terlarut dalam air, termasuk semua padatan tersuspensi yang bisa atau tidak melewati filter. Padatan terlarut dapat berasal dari sumber organik seperti daun, endapan limbah industri dan limbah. Sumber lain berasal dari limpasan dari daerah perkotaan, garam jalan yang digunakan di jalan, dan pupuk dan pestisida yang digunakan di halaman rumput dan peternakan. Padatan terlarut dapat berasal dari bahan anorganik seperti batu dan udara yang mungkin mengandung kalsium bikarbonat, nitrogen, sulfur dan mineral lainnya (Palanna, 2009: 263). TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan di perairan (Effendi, 2003: 64).

Total dissolved solids (TDS) atau total padatan terlarut diukur menggunakan TDS meter. Alat tersebut berfungsi untuk mengukur berat total semua padatan, baik mineral, garam, maupun logam yang dilarutkan

dalam sejumlah volume air. TDS dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L) atau *part per million* (ppm). *Parts per million* (ppm) atau satu per satu juta biasanya digunakan untuk menyatakan satuan konsentrasi senyawa. Misalnya, untuk menghitung banyaknya kandungan zat dalam air minum atau banyaknya polutan di dalam air sungai (Rahmat, 2015: 60).

7. Daya Hantar Listrik

Daya hantar listrik (DHL) adalah suatu ukuran dari kemampuan suatu larutan untuk membawa arus listrik. Daya hantar listrik terjadi di dalam cairan akibat pergerakan ion-ion, sehingga dengan bertambah jumlah ion akan meningkatkan nilai DHL (Machdar, 2018: 35). Semakin banyak garam-garam terlarut yang terionisasi, semakin tinggi nilai DHL. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai DHL diantaranya reaktivitas, bilangan valensi, dan konsentrasi ion-ion. Asam, basa, dan garam merupakan konduktor baik, sedangkan bahan organik (sukrosa dan benzena) yang tidak dapat mengalami disosiasi, konduktor jelek (APHA,1976; Mackereth, *et al*, 1989 dalam Effendi, 2003:63).

Konduktivitas dinyatakan dengan satuan $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ atau $\mu\text{Siemens}/\text{cm}$. Kedua satuan tersebut setara (Mackereth, *et al*, 1989 dalam Effendi, 2003:63). Konduktivitas larutan tergantung dari jumlah garam terlarut yang ada dan untuk larutan encer kira-kira sebanding dengan nilai TDS. Hubungan nilai total padatan terlarut (TDS) dan konduktivitas listrik (EC) ditunjukkan dalam persamaan 3 (Tebbutt, 1998: 14).

$$K = \frac{DHL (S/m)}{TDS (mg/liter)} \quad \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan: K= konstanta untuk jenis air tertentu.

Semakin besar jumlah padatan terlarut (TDS) di dalam larutan maka kemungkinan jumlah ion dalam larutan juga akan semakin besar, menyebabkan nilai konduktivitas listrik (EC) juga akan semakin besar, sehingga terdapat hubungan antara jumlah zat padat terlarut (TDS) dengan nilai konduktivitas listrik (Irwan & Afdal, 2016 :86).

8. Metode Cakram Kirby-Bauer

Uji yang paling banyak digunakan untuk menentukan antibiotik yang akan digunakan untuk mengobati infeksi adalah metode Kirby-Bauer. Patogen yang dicurigai diisolasi dalam kultur murni dari spesimen klinis dan diuji sensitivitasnya terhadap beberapa tingkat antibiotik yang dapat dicapai secara klinis (Garg, dkk., 2010: 75).

Cara yang mudah untuk menetapkan kerentanan organisme terhadap antibiotik adalah dengan menginokulasi pelat agar dengan biakan dan membiarkan antibiotik berdifusi ke media agar (Harmita & Radji, 2006:2). Pada metode difusi cakram, kertas cakram yang mengandung antibiotik diletakkan di atas media yang telah mengandung mikroba, kemudian diinkubasi dan dibaca hasilnya berdasarkan kemampuan penghambatan mikroba di sekitar kertas cakram (Yusmaniar, dkk., 2017: 48).

Ukuran zona hambatan berbanding lurus dengan sensitivitas organisme terhadap antibiotik (Garg, dkk., 2010: 75). Ukuran zona hambatan dapat dipengaruhi oleh kepadatan atau viskositas media biakan,

kecepatan difusi antibiotik, konsentrasi antibiotik pada cakram filter, sensitivitas organisme terhadap antibiotik, dan interaksi antibiotik dengan media. Selain itu, suatu zat yang ditemukan mempunyai efek samping signifikan tidak boleh digunakan untuk terapi karena zat ini mungkin juga mempunyai efek samping signifikan pada sistem yang diobati (Harmita & Radji, 2006: 2).

B. Kerangka Berpikir

Nanopartikel perak dikenal ampuh dalam menangkal kuman seperti bakteri dan jamur. Pembuatan nanopartikel perak dengan cara reduksi kimia biasanya menggunakan bahan pereduksi dari bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Pembuatan nanopartikel perak dengan metode elektrokimia seperti elektrolisis dapat dijadikan alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Pada penelitian ini elektrolisis menggunakan logam perak sebagai elektroda yang dicelupkan di akuades. Tegangan listrik dan lama waktu elektrolisis merupakan variabel bebas, sedangkan variabel terikatnya adalah total padatan terlarut dan konduktivitas listrik dari larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis logam perak. Setelah larutan nanopartikel perak didapatkan maka diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui keberadaan nanopartikel perak sudah terbentuk atau belum serta memperkirakan kisaran ukuran partikelnya. Larutan nanopartikel hasil elektrolisis dimanfaatkan untuk menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Pada uji daya hambat larutan nanopartikel perak terhadap jamur *Candida albicans* menggunakan metode cakram Kirby-Bauer dengan variasi

konsentrasi merupakan variabel bebasnya. Sedangkan variabel terikatnya adalah diameter zona bening sebagai zona hambatnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

- a. Pembuatan larutan nanopartikel perak menggunakan metode elektrolisis dilakukan di Laboratorium Koloid, Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- b. Pengujian larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia lantai 2, Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- c. Pengujian daya hambat larutan nanopartikel perak dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

2. Waktu Penelitian

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

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini dibagi atas variabel kontrol, variabel bebas dan variabel terikat.

1. Pembuatan Larutan Nanopartikel Perak

- a. Variabel Bebas: Besar tegangan listrik, lama waktu elektrolisis.
- b. Variabel Terikat: Total padatan terlarut (TDS) dalam larutan, konduktivitas listrik (EC) larutan.
- c. Variabel Kontrol: Volume akuades, jenis elektroda, jarak antar elektroda.

2. Uji Spektrofotometer UV-Vis

- a. Variabel Bebas: Konsentrasi larutan nanopartikel perak.
- b. Variabel Terikat: Panjang gelombang serapan, absorbansi.
- c. Variabel Kontrol: Rentang panjang gelombang yang diset pada alat, yaitu pada 200 – 800 nm.

3. Uji Daya Hambat Larutan Nanopartikel Perak

- a. Variabel Bebas: Konsentrasi larutan nanopartikel perak.
- b. Variabel Terikat: Daya hambat larutan nanopartikel perak (diameter zona bening).
- c. Variabel Kontrol: Diameter kertas saring (*paper disk*), media tanam, jamur uji.

C. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk menghasilkan nanopartikel perak dengan teknik elektrolisis yang kemudian larutan hasil proses elektrolisis dilakukan uji spektrofotometer UV-Vis dan daya hambat nanopartikel perak terhadap jamur *Candida albicans*.

D. Alat dan Bahan

1. Pembuatan Larutan Nanopartikel Perak dengan Teknik Elektrolisis

a. Alat penelitian

- 1) Toples kaca (1 buah),
- 2) Kabel Penghubung (secukupnya),
- 3) *Power Supply* (2 buah),
- 4) Kayu untuk penompang elektroda (1 buah),
- 5) TDS meter (1 buah),
- 6) Gelas ukur (1 buah),
- 7) *Stopwatch* (1 buah),
- 8) Botol sampel (secukupnya),
- 9) Elektroda perak (2 buah).

b. Bahan penelitian

- 1) Akuades (secukupnya).

2. Uji Spektrofotometer UV-Vis

a. Alat penelitian

- 1) Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 2550.

b. Bahan penelitian

- 1) Larutan nanopartikel perak.

3. Uji Daya Hambat Larutan terhadap Jamur *Candida albicans*

a. Alat penelitian

- 1) Cawan petri (5 buah),
- 2) Pengaduk larutan (1 buah),
- 3) Erlenmeyer 250 ml (1 buah),
- 4) Jangka sorong (1 buah),
- 5) Neraca analitis (1 buah),
- 6) *Magnetic stirrer* (1 buah),
- 7) Autoklaf (1 buah),
- 8) *Laminar air flow* (1 buah),
- 9) Tabung kultur (5 buah),
- 10) Jarum ose (1 buah),
- 11) *Dry galsky* (1 buah),
- 12) Mikropipet (1 buah),
- 13) Pisau (1 buah),
- 14) *Shaker* (1 buah),
- 15) Bunsen (1 buah),
- 16) Plastik *wrap* (secukupnya),

17) Pinset (1 buah).

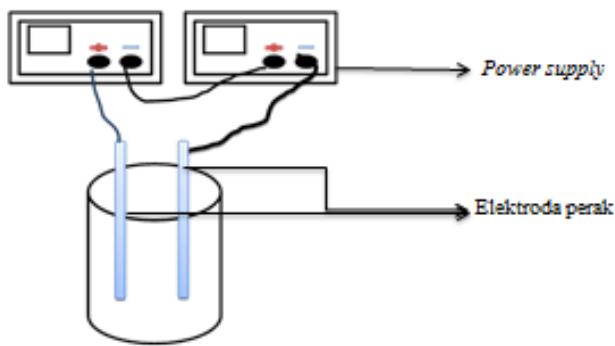
b. Bahan penelitian

- 1) Bubuk NA (4,2 gr),
- 2) Bubuk NB (1,95 gr),
- 3) Biakan *Candida albicans* (secukupnya),
- 4) Kertas payung (secukupnya),
- 5) Akuades (300 ml),
- 6) Alkohol 70% (secukupnya),
- 7) Korek api (1 buah),
- 8) Karet gelang (secukupnya)
- 9) Kertas saring (secukupnya),
- 10) Tisu (secukupnya),
- 11) Kapas (secukupnya),
- 12) Kertas label (secukupnya).

E. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Nanopartikel Perak Menggunakan Teknik Elektrolisis dengan Variasi Besar Tegangan Listrik dan Lama Waktu Elektrolisis.

Pembuatan nanopartikel perak dilakukan dengan teknik elektrolisis, seperti pada Gambar 6. Pada penelitian ini, elektrolisis menggunakan dua buah *power supply* dikarenakan besar voltase yang diinginkan belum memenuhi jika hanya menggunakan satu buah saja.



Gambar 6. Skema Sel Elektolisis untuk

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Mengukur volume akuades sebanyak 270 ml dan mengukur total padatan terlarut (TDS) dan konduktivitas listrik (EC) dengan TDS meter.
- c. Memasang dan mengatur elektroda di kayu penompang dengan jarak antar elektroda $10,0 \pm 0,5$ mm dan menempatkannya ke toples kaca yang berisi akuades.
- d. Mengatur besar tegangan listrik sebesar 5 Volt.
- e. Menyambungkan kabel penghubung dari *power supply* ke elektroda bersamaan dengan menekan tombol pada *stopwatch*.
- f. Menunggu proses elektrolisis kemudian mematikan *power supply* untuk mengukur total padatan terlarut dan konduktivitas listriknya dengan TDS meter.
- g. Pengukuran menggunakan TDS meter dilakukan pada menit ke-10, 30, 50, 70, 90, 110, 130 dan 150.
- h. Mengulangi langkah a-g untuk besar tegangan listrik 5V, 15V, 25V, 35V, 45V.

2. Uji Spektrofotometer UV-Vis

Sampel hasil elektrolisis kemudian diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengujian dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang serapan dan absorbansi pada sampel larutan hasil elektrolisis logam perak.

3. Uji Daya Hambat Larutan terhadap Jamur *Candida albicans*

Sampel hasil elektrolisis kemudian diuji kepekaannya terhadap jamur *Candida albicans*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya hambat sampel larutan hasil elektrolisis logam perak terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Pengujian yang dilakukan menggunakan metode Kirby-Bauer yaitu dengan mengamati zona bening yang mucul pada media yang ditanami jamur *Candida albicans*.

a. Pembuatan nutrient agar (NA)

- 1) Menimbang NA bubuk sebanyak 4,2 gr menggunakan neraca analitis.
- 2) Melarutkan bubuk NA dengan akuades sebanyak 150 ml dalam gelas beker.
- 3) Menghomogenkan larutan NA dengan menggunakan *magnetic stirrer* hingga larutan mendidih.
- 4) Memindahkan larutan NA ke dalam tabung erlenmeyer kemudian menutupnya dengan kapas dan plastik *wrap*.

- 5) Membungkus erlenmeyer tersebut dengan kertas payung dan mengikatnya dengan karet gelang.
- 6) Mensterilkan media dengan autoklaf selama 30-60 menit.

b. Pembuatan nutrient broth (NB)

- 1) Menimbang NB bubuk sebanyak 1,95 gr menggunakan neraca analitis.
- 2) Melarutkan bubuk NB dengan akuades sebanyak 150 ml dalam gelas beker.
- 3) Menghomogenkan larutan NB dengan menggunakan *magnetic stirrer* hingga larutan mendidih.
- 4) Memindahkan larutan NB ke dalam tabung beberapa botol kultur kemudian menutupnya dengan kapas dan plastik *wrap*.
- 5) Membungkus botol-botol kultur tersebut dengan kertas payung dan mengikatnya dengan karet gelang.
- 6) Mensterilkan media dengan autoklaf selama 30-60 menit.

c. Penuangan media NA ke cawan petri

Penuangan media NA dilakukan di dalam *laminar air flow*.

Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kontaminasi mikroba pada media NA yang akan digunakan.

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu alkohol 70%, bunsen, tisu, korek api, cawan petri, dan media NA.
- 2) Sebelum pemakaian alat *laminar air flow*, menyinari dengan sinar UV terlebih dahulu selama 15-30 menit.

- 3) Membersihkan meja kerja yang akan digunakan dengan menyemprotkan alkohol 70% secara merata.
- 4) Menyemprotkan alkohol 70% pada tangan dan meratakannya.
- 5) Meletakkan alat dan bahan yang diperlukan ke meja kerja.
- 6) Menyemprotkan alkohol 70% pada semua permukaan alat, menghidupkan bunsen dan mendiamkannya beberapa saat.
- 7) Menyemprotkan alkohol 70% lagi ke tangan dan mengusapkan secara merata keseluruh permukaan tangan kemudian mulai bekerja.
- 8) Memanaskan mulut cawan petri bagian tepi dengan memutarnya di atas api supaya kontaminan mati.
- 9) Membuka tutup kapas erlenmeyer yang berisi media NA dan memanaskan mulut erlenmeyer secara merata.
- 10) Membuka mulut cawan petri dan menuangkan media dengan posisi mulut cawan berada di dekat api secara merata dengan menggoyangkan cawannya.
- 11) Memanaskan kembali mulut erlenmeyer dan kapas penutupnya, kemudian menutup mulut erlenmeyer dengan kapas.
- 12) Memanaskan lagi mulut cawan petri dengan memutarnya di atas api agar kontaminan dari proses penuangan hilang.
- 13) Menutup cawan petri dan mendiamkan media hingga memadat.

d. Sterilisasi alat dan bahan

Alat dan bahan di dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 15 psi selama 30-60 menit. Setelah selesai, alat-alat tersebut kemudian disimpan dalam oven sedangkan media disimpan dalam rak penyimpanan.

e. Penanaman jamur ke media

- 1) Inokulasi dan peremajaan jamur pada media NB
 - a) Melabeli dan menyiapkan botol-botol kultur berisi media NB serta meletakkan di dekat bunsen yang menyala.
 - b) Sebelum melakukan penggerjaan inokulasi, terlebih dahulu mensterilkan tangan dan area meja kerja dengan menggunakan alkohol 70%.
 - c) Membuka kapas penutup tabung biakan jamur *Candida albicans* dan memanaskan mulut tabung.
 - d) Mengambil biakan jamur *Candida albicans* pada media agar miring menggunakan ose bulat. Memanaskan mulut tabung dan kapas penutupnya, lalu menutupnya.
 - e) Membuka kapas penutup tabung kultur dan memanaskan mulutnya. Memasukkan biakan jamur yang berada pada ose bulat dan mengaduknya agar biakan tidak tertinggal di ose.
 - f) Memanaskan mulut tabung kultur dan kapas penutupnya, kemudian menutupnya.
 - g) Membungkus tabung kultur dengan plastik *wrap*.

h) Menaruh tabung kultur di *shaker* agar larutan menjadi homogen hingga media NB menjadi keruh.

2) Penanaman jamur pada media NA dan penempelan kertas saring yang mengandung larutan nanopartikel perak.

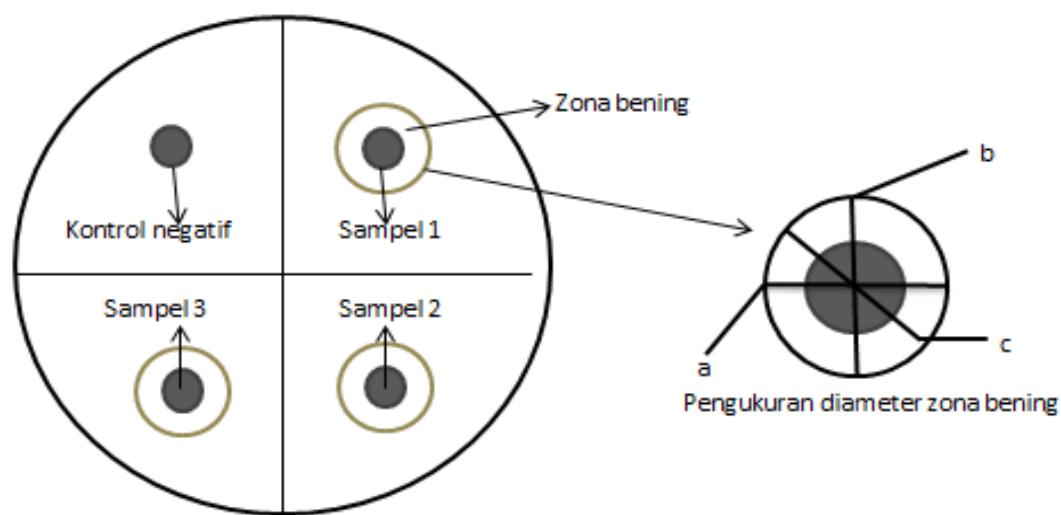
- Melabeli masing-masing cawan petri yang berisi medium NA sesuai perlakuan. Lalu meletakkan didekatkan bunsen bersama dengan biakan *Candida albicans*.
- Sebelum melakukan pengeraan di dekat bunsen, terlebih dahulu mensterilkan tangan dan area meja kerja dengan menggunakan alkohol 70%.
- Mengambil biakan jamur dengan menggunakan mikropipet sebanyak 0,1 mL, lalu diratakan pada permukaan medium dengan menggunakan *drygalsky*.
- Memanaskan mulut cawan petri agar mikroba yang melekat mati.
- Merendam kertas saring ke dalam larutan nanopartikel. Meniriskan kertas saring yang sudah menyerap larutan nanopartikel perak.
- Memanaskan kembali mulut cawan petri dan membuka mulut cawan petri dan menempelkan kertas saring tanpa dan berisi larutan nanopartikel perak dengan pinset ke area yang diinginkan (setiap cawan petri terdiri dari 1 kertas saring

tanpa larutan nanopartikel sebagai kontrol dan 3 kertas saring dengan larutan nanopartikel perak).

- g) Memanaskan mulut cawan petri dan menutupnya.
- h) Membungkus cawan petri dengan plastik *wrap* agar cawan petri dapat tertutup rapat.
- i) Mengamati daya hambat jamur terhadap larutan nanopartikel perak setelah.

f. Pengamatan uji anti jamur

Pengujian anti jamur yang dilakukan adalah menggunakan metode Kirby-Bauer yaitu dengan melihat adanya zona bening yang merupakan zona hambat terbentuk. Pengukuran diameter zona hambat (mm) menggunakan jangka sorong dan dilakukan 3 kali pengulangan. Berikut gambar skema sampel dan zona bening disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Skema Sampel dan Zona Bening

F. Teknik Analisis Data

Data yang didapatkan selama penelitian dianalisis dengan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Analisis Data Elektrolisis

- a. Data yang diambil dalam pembuatan larutan nanopartikel perak adalah total padatan terlarut (TDS) dan konduktivitas listrik (EC) larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis logam perak.
- b. Data total padatan terlarut (TDS) dan konduktivitas listrik (EC) larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis logam perak diperoleh dari pertambahan waktu elektrolisis.
- c. Pengulangan untuk variasi besar tegangan listrik .
- d. Membuat tabel data waktu (menit), total padatan terlarut (ppm), dan konduktivitas listrik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) dengan menggunakan *software Microsoft excel 2010*.
- e. Membuat grafik hubungan tegangan dengan total padatan terlarut (TDS) dan konduktivitas listrik (EC) serta waktu dengan padatan terlarut (TDS) dan konduktivitas listrik (EC) menggunakan *software Origin 8.0*.

2. Analisis Data Uji Spektrofotometer UV-Vis

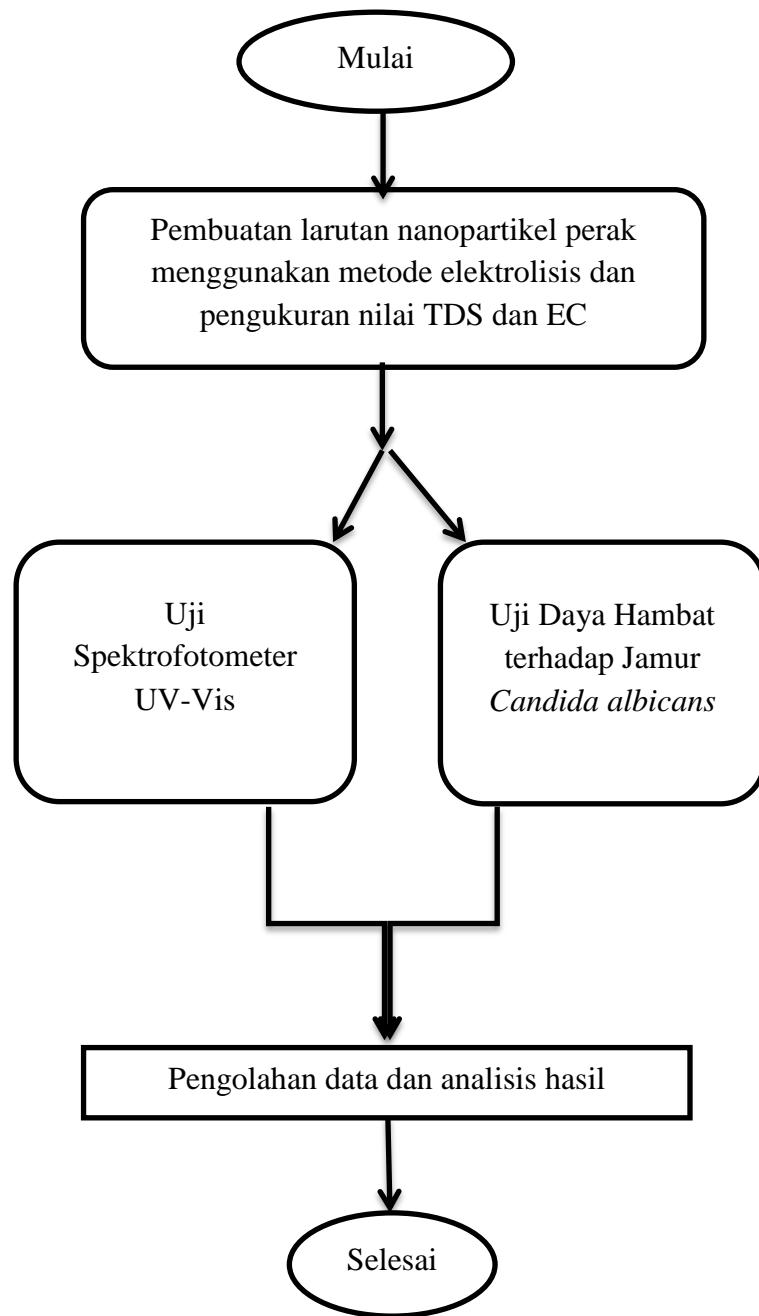
Data ditampilkan sebagai grafik hubungan panjang gelombang serapan dan absorbansi larutan. Data

3. Analisis Data Uji Daya Hambat Larutan

- a. Data yang diambil dalam uji daya hambat larutan terhadap jamur *Candida albicans* adalah diameter zona bening dengan 3 kali pengulangan pengukuran untuk tiap sampel dan setiap variasi konsentrasi larutan memiliki 3 sampel.
- b. Pengulangan untuk variasi waktu pengukuran.
- c. Data yang diperoleh dari 1 sampel dirata-rata. Hasil rata-rata tiap sampel dirata-rata menggunakan rata-rata berbobot untuk setiap variasi konsentrasi sehingga didapatkan 1 data rata-rata setiap konsentrasi larutan.
- d. Membuat tabel data konsentrasi (ppm) dan diameter zona hambat (mm) dengan menggunakan *software Microsoft excel 2010*.
- f. Membuat grafik hubungan konsentrasi larutan dan diameter zona hambat, waktu ukur dan diameter zona hambat dengan menggunakan *software Origin 8.0*.

G. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian disajikan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang efektivitas nanopartikel perak hasil elektrolisis dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans* ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dengan teknik elektrolisis dan mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Koloid, Jurusan Pendidikan Fisika dan Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY).

Pembuatan larutan nanopartikel perak dengan metode elektrolisis dilakukan pengukuran total padatan terlarut atau TDS (mewakili konsentrasi larutan) dan konduktivitas listrik atau EC larutan pada menit ke 10, 30, 50, 70, 90, 110, 130 dan 150. Pengukuran dilakukan untuk variasi besar tegangan listrik sebesar 5, 15, 25, 35 dan 45 V. Kedua elektroda yang digunakan adalah logam perak dan larutannya adalah akuades. Elektroda perak merupakan elektroda aktif sehingga ikut bereaksi dengan ion-ion dari larutan yang dielektrolisis. Pada penelitian ini akuades dielektrolisis menggunakan elektroda logam perak dengan *power supply* sebagai sumber energi listriknya. Mulyati dan Nurkhozin (2016) menyatakan bahwa sumber arus listrik misalnya baterai, berfungsi sebagai pompa elektron yang menggerakkan elektron ke katoda, dimana elektron ini ditangkap oleh kation sehingga kation ini menjadi tereduksi. Pada saat yang sama, sumber arus sebagai pompa elektron ini menarik elektron menuju katoda, maka pada sel elektrolitik

katoda merupakan elektroda negatif. Sedangkan, anion (ion negatif) menuju anoda, sehingga anoda merupakan elektroda positif.

Hasil akhir dari proses elektrolisis untuk setiap variasi tegangan listrik diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil uji menggunakan spektrofotometer UV-Vis ini berupa spektrum UV-Vis yang berupa grafik dengan absis panjang gelombang dan ordinat absorbansi pada sampel larutan hasil elektrolisis logam perak. Data hasil uji ini dapat digunakan untuk mengetahui nanopartikel perak telah terbentuk atau belum serta memperkirakan ukuran partikel dari larutan hasil proses elektrolisis logam perak. Haryono,dkk. (2008: 159) menyatakan bahwa di dalam bidang nanosains dan nanoteknologi, analisa UV-Vis spektroskopi dapat juga digunakan untuk memprediksi ukuran dan bentuk nanopartikel. Selain itu, analisa absorbansi ini juga merupakan jenis analisa tercepat dan termudah untuk mengetahui apakah nanopartikel telah terbentuk.

Sampel hasil elektrolisis kemudian diuji kepekaannya terhadap jamur *Candida albicans*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya hambat sampel larutan hasil elektrolisis terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Pengujian yang dilakukan menggunakan metode Kirby-Bauer yaitu dengan mengamati zona bening yang mucul pada media yang ditanami jamur *Candida albicans*. Pada pengujian ini dilakukan variasi konsentrasi larutan nanopartikel perak yaitu 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm. Konsentrasi ini didapatkan dengan cara mengencerkan larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis menggunakan rumus pengenceran.

Data yang diperoleh dari proses elektrolisis akan disajikan dalam empat bagian yaitu yang pertama hubungan tegangan listrik dengan total padatan terlarut (TDS), yang kedua hubungan waktu dengan total padatan terlarut (TDS), yang ketiga yaitu hubungan tegangan listrik dengan konduktivitas listrik (EC), yang keempat yaitu hubungan waktu dengan konduktivitas listrik (EC). Data yang diperoleh dari uji spektrofotometer UV-Vis adalah hubungan panjang gelombang dengan besar absorbansi larutan. Data yang diperoleh dari uji kepekaan larutan terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans* adalah hubungan konsentrasi larutan dengan diameter zona bening dan hubungan waktu dengan diameter zona bening.

Berikut akan disajikan deskripsi data berupa tabel dan grafik. Data hasil penelitian disajikan sebagai berikut:

A. Hasil dari Proses Elektrolisis

Pada proses elektrolisis dilakukan variasi lama waktu elektrolisis untuk tiap besar tegangan listrik, didapatkan data total padatan terlarut dan konduktivitas listrik larutan. Pengukuran nilai total padatan terlarut dan konduktivitas listrik larutan menggunakan alat TDS-EC meter. Alat ini dapat mengukur nilai total padatan terlarut (TDS) dan konduktivitas listrik (EC) larutan.

1. Hubungan Tegangan Listrik dengan Total Padatan Terlarut (TDS)

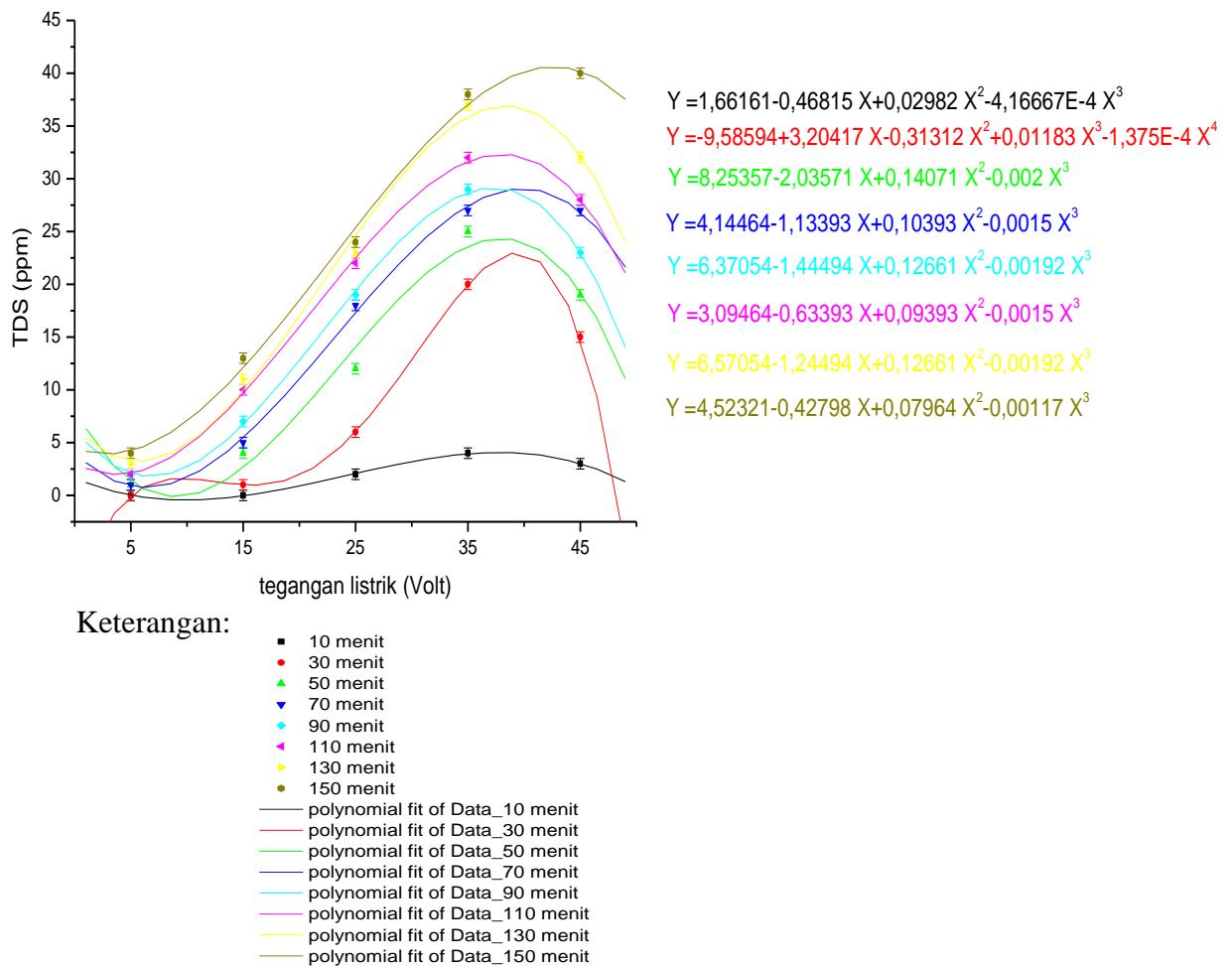
Data pengukuran total padatan terlarut larutan dengan variasi tegangan tiap rentang waktu, disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dengan Variasi Voltase untuk Setiap Rentang Waktu

tegangan listrik (Volt)	Konsentrasi /TDS (± 0,5 ppm)							
	10 menit	30 menit	50 menit	70 menit	90 menit	110 menit	130 menit	150 menit
5	0	0	1	1	2	2	3	4
15	0	1	4	5	7	10	11	13
25	2	6	12	18	19	22	23	24
35	4	20	25	27	29	32	37	38
45	3	15	19	27	23	28	32	40

Berdasarkan dari data Tabel 1 dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya nilai tegangan yang digunakan nilai TDS yang dihasilkan juga semakin besar untuk besar tegangan 5-35 V pada menit ke- 10 sampai dengan 150. Pada menit ke- 10 sampai dengan 130 tegangan 45V nilai TDS yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan tegangan 35V tetapi lebih besar dari nilai TDS tegangan 5-25 V. Pada menit ke- 150 dari tegangan 5 V sampai dengan 45 V terus bertambah nilai TDSnya. Dapat dikatakan bahwa semakin besar tegangan listrik yang digunakan dalam proses elektrolisis maka pertambahan nilai TDS larutan relatif semakin cepat. Meskipun pada tegangan 45 V pada menit ke- 10-130 nilai TDSnya lebih rendah dari data tegangan 35 V tetapi pada menit ke- 150 lebih cepat pertambahan TDSnya yaitu mencapai 40 ppm.

Data dari Tabel 1 dapat disajikan dalam bentuk grafik untuk melihat lebih jelas hubungan antara tegangan listrik dengan nilai TDS larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis. Hubungan antara tegangan listrik dengan nilai TDS disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Total Padatan Terlarut (TDS)

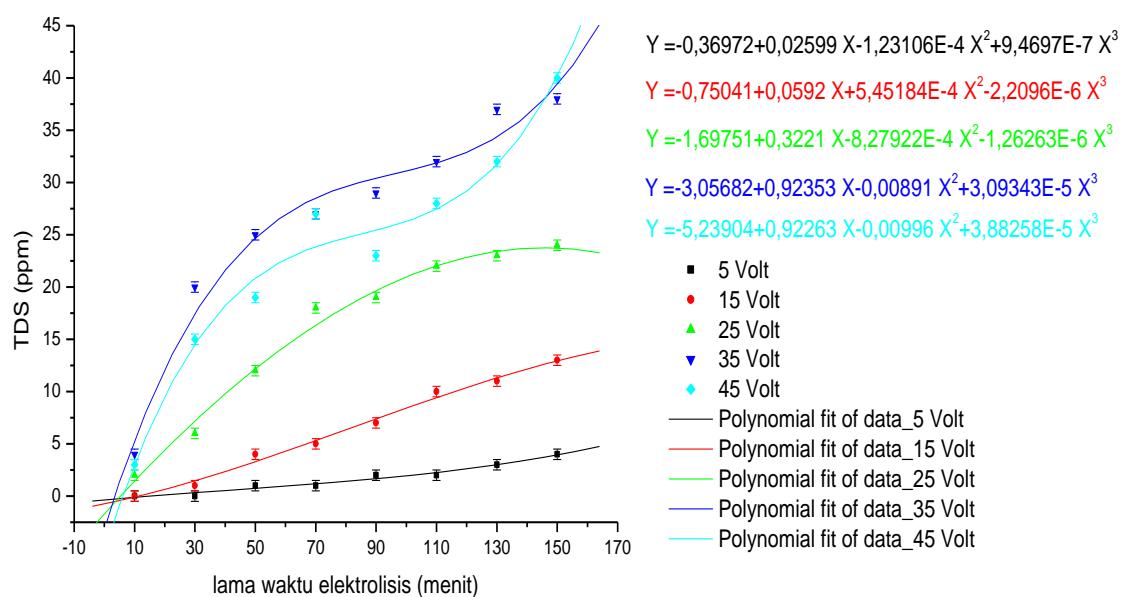
Gambar 9 menunjukkan hubungan grafik hubungan tegangan listrik dengan TDS larutan nanopartikel perak yang dihasilkan dari proses elektrolisis. Berdasarkan Grafik pada Gambar 9 terlihat bahwa semakin

besar nilai tegangan yang digunakan maka nilai total padatan terlarutnya (TDS) cenderung semakin tinggi.

2. Hubungan Waktu dengan Total Padatan Terlarut (TDS)

Berdasarkan data Tabel 1 terlihat bahwa untuk tiap variasi besar tegangan, seiring bertambahnya waktu semakin besar nilai total padatan terlarut pada larutan. Meskipun, pada tegangan 45V menit ke- 90 mengalami penurunan yaitu dari 27 ppm menjadi 23 ppm tetapi pada menit ke- 110 nilai total padatan terlarutnya kembali naik yaitu menjadi 28 ppm. Tabel 1 dapat disajikan dalam bentuk grafik sehingga dapat terlihat hubungan total padatan terlarut larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis seiring bertambahnya lama waktu elektrolisis.

Grafik hubungan lama waktu dengan TDS larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan Lama Waktu Elektrolisis dengan Total Padatan Terlarut (TDS)

Gambar 10 menunjukkan hubungan lama waktu elektrolisis dengan TDS larutan nanopartikel perak yang dihasilkan dari proses elektrolisis. Berdasarkan grafik pada Gambar 10 terlihat bahwa semakin lama proses elektrolisis maka total padatan terlarutnya semakin tinggi. Hal ini terjadi untuk semua variasi besar tegangan.

3. Hubungan Tegangan Listrik dengan Konduktivitas Listrik (EC)

Pada penelitian ini, selain pengukuran konsentrasi larutan nanopartikel perak yang ditunjukkan dengan nilai total padatan terlarut larutan, dilakukan juga pengukuran terhadap konduktivitas listrik pada larutan untuk tiap variasi besar voltase yang digunakan pada proses elektrolisis. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan didapatkan data EC yang disajikan dalam Tabel 2.

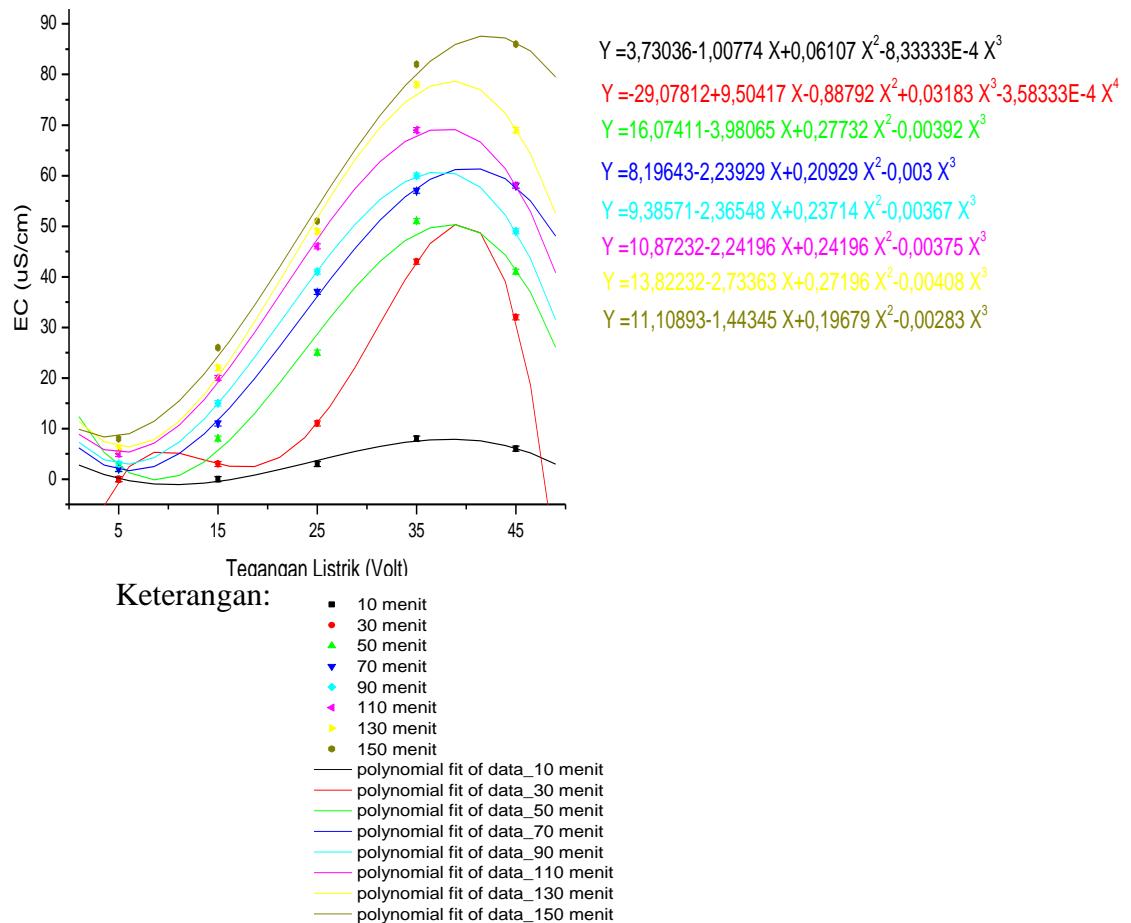
Tabel 2. Data Konduktivitas Listrik Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dengan Variasi Voltase untuk Setiap Rentang Waktu

tegangan listrik (Volt)	Konduktivitas listrik/EC ($\pm 0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$)							
	10 menit	30 menit	50 menit	70 menit	90 menit	110 menit	130 menit	150 menit
5	0	0	2	2	3	5	6	8
15	0	3	8	11	15	20	22	26
25	3	11	25	37	41	46	49	51
35	8	43	51	57	60	69	78	82
45	6	32	41	58	49	58	69	86

Berdasarkan Tabel 2 dengan bertambahnya nilai tegangan listrik yang digunakan nilai konduktivitas listriknya bertambah kecuali untuk tegangan 45 V dari menit ke- 10 sampai dengan 130 nilai EC lebih rendah dari tegangan 35 V. Pada tegangan 45 V nilai EC lebih rendah dari nilai

EC pada tegangan 35 V tetapi lebih tinggi dari nilai EC pada tegangan 5-25 V. Meskipun nilai EC pada tegangan 45 V untuk menit 10-130 lebih rendah tetapi pada menit ke- 150 nilai EC dari tegangan 5 V sampai dengan 45 V terus naik. Pada menit ke- 150 menunjukkan bahwa semakin besar tegangan listrik yang digunakan pada elektrolisis maka nilai EC yang dihasilkan akan semakin cepat pertambahannya.

Data dari Tabel 2 disajikan dalam bentuk grafik untuk dapat melihat lebih jelas hubungan antara besar tegangan listrik yang digunakan untuk elektrolisis dengan nilai EC larutan hasil elektrolisis.



Gambar 11. Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Konduktivitas Listrik (EC)

Gambar 11 menunjukkan grafik hubungan besar tegangan listrik yang digunakan pada proses elektrolisis dengan nilai konduktivitas listrik larutan hasil elektrolisis. Berdasarkan grafik pada Gambar 11 lebih terlihat bahwa nilai konduktivitas listrik larutan cenderung semakin tinggi seiring bertambahnya besar tegangan listrik yang digunakan. Dapat dikatakan bahwa semakin besar tegangan listrik yang digunakan dalam elektrolisis maka nilai konduktivitas listrik larutannya relatif semakin tinggi.

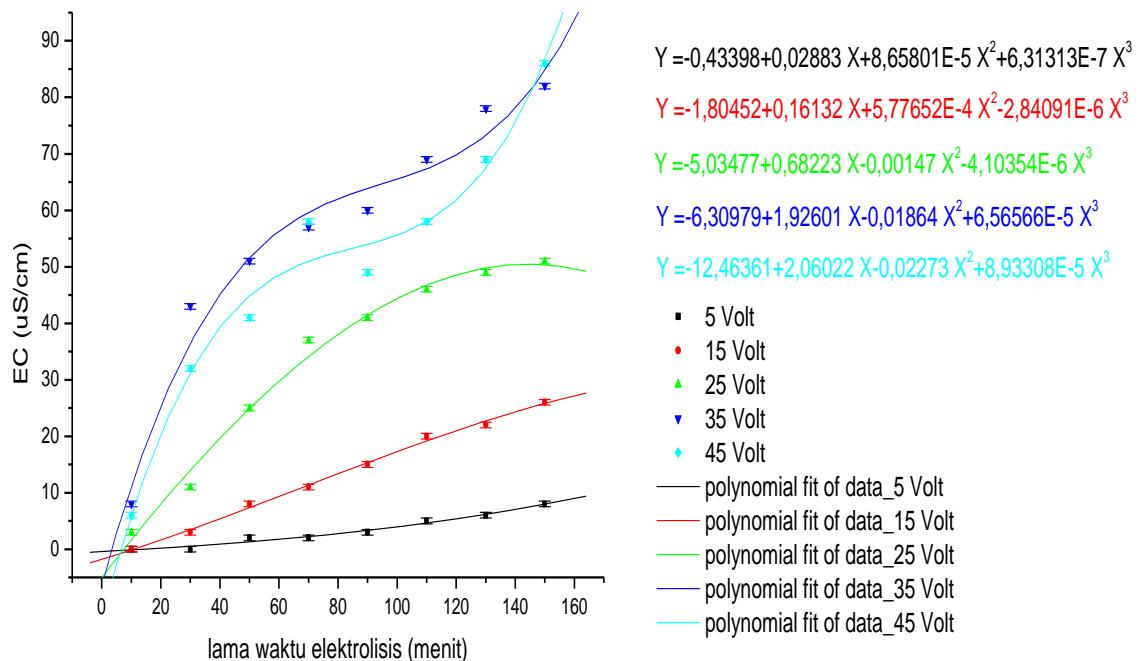
Jika dibandingkan pada hubungan besar tegangan listrik baik terhadap nilai TDS maupun EC larutan memiliki pola yang sama. Dari data terlihat apabila nilai TDS larutan mengalami kenaikan maka nilai EC juga naik.

4. Hubungan Waktu dengan Konduktivitas Listrik (EC)

Berdasarkan data dari Tabel 2, seiring bertambah lama waktu elektrolisis nilai konduktivitas listriknya juga bertambah. Hal ini terjadi untuk untuk setiap besar tegangan kecuali pada tegangan 45 V pada menit ke- 70. Pada menit tersebut konduktivitas listriknya turun dari $41 \mu\text{S}/\text{cm}$ menjadi $58 \mu\text{S}/\text{cm}$. Namun, pada menit ke- 110 kembali naik menjadi $58 \mu\text{S}/\text{cm}$. Menit selanjutnya terus mengalami kenaikan nilai. Secara keseluruhan, dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu elektrolisis semakin besar nilai konduktivitas listrik larutan.

Hubungan lama waktu elektrolisis dengan konduktivitas listrik larutan maka data dari Tabel 2 dapat disajikan dalam bentuk grafik.

Gambar 12 menunjukkan grafik hubungan lama waktu elektrolisis dengan konduktivitas listrik larutan.



Gambar 12. Grafik Hubungan Lama Waktu Elektrolisis dengan Konduktivitas Listrik (EC)

Gambar 12 menunjukkan hubungan lama waktu elektrolisis dengan EC larutan nanopartikel perak yang dihasilkan dari proses elektolisis. Dari grafik tersebut terlihat bahwa semakin lama proses elektrolisis nilai konduktivitas listrik larutan cenderung semakin naik. Hal ini terjadi untuk semua variasi besar tegangan.

Jika dibandingkan antara grafik hubungan lama waktu elektrolisis dengan jumlah padatan terlarut (TDS) pada larutan dan hubungan lama waktu elektrolisis dengan nilai konduktivitas listrik (EC) terlihat memiliki kesamaan. Jika nilai TDS naik maka nilai EC juga naik. Nilai EC pada

larutan sekitar dua kali dari nilai TDS nya. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara total padatan terlarut dan konduktivitas listrik.

Berdasarkan data hasil dari proses elektrolisis yaitu berupa nilai konsentrasi larutan yang ditunjukkan dengan nilai TDS serta nilai konduktivitas listrik larutan (EC) dengan variasi tegangan listrik yang digunakan tiap rentang waktu dapat disimpulkan bahwa peningkatan besar voltase yang digunakan akan mengakibatkan konsentrasi (TDS) dan konduktivitas listrik (EC) larutan cenderung semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena apabila voltase diperbesar maka reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) akan semakin cepat terjadi. Semakin cepat reaksi redoks maka jumlah senyawa organik yang teroksidasi juga semakin banyak (Suyata, dkk., 2015: 77). Begitu pula dengan semakin lama proses elektrolisis dilakukan maka konsentrasi (TDS) dan konduktivitas listrik (EC) larutan cenderung semakin naik pula. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai TDS dan EC larutan semakin tinggi jika waktu elektrolisis semakin lama dan besar voltase yang digunakan semakin besar. Hudha, dkk. (2014: B-188) menyatakan bahwa semakin lama waktu elektrolisis hasil dari suatu reaksi kimia yang dikehendaki juga akan semakin bertambah, sehingga semakin lama waktu elektrolisis semakin banyak bahan organik yang teroksidasi.

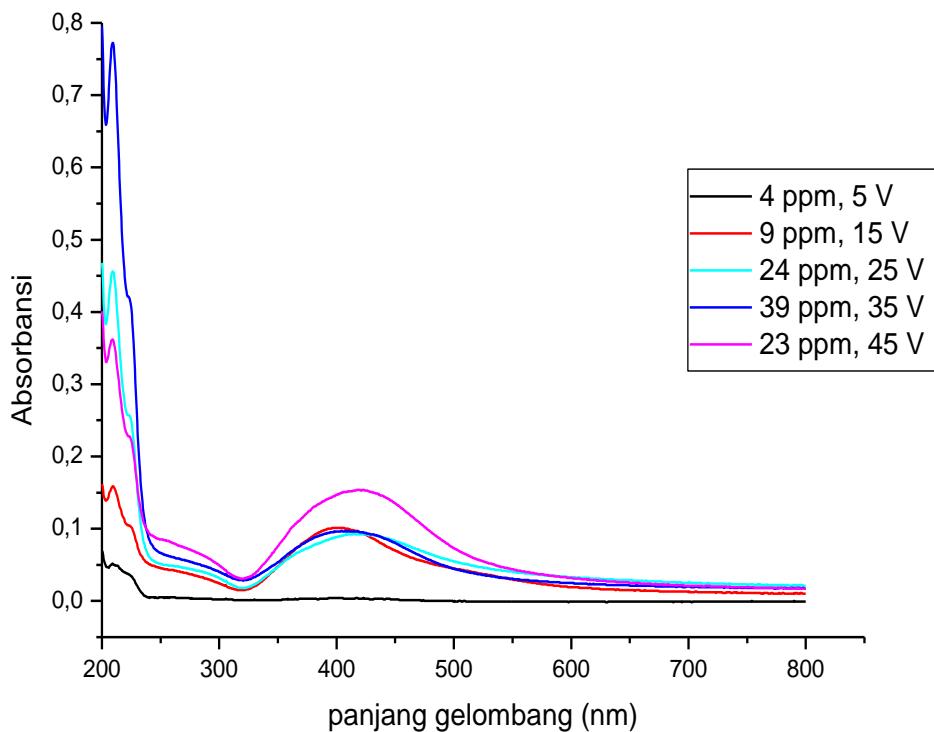
Selain itu, jika nilai TDS naik maka nilai EC larutan pun akan naik. Jadi terdapat hubungan antara total padatan terlarut dengan konduktivitas listrik. Banyaknya ion di dalam larutan juga dipengaruhi oleh padatan

terlarut di dalamnya. Irwan dan Afdal (2016 :86) menyatakan bahwa semakin besar jumlah padatan terlarut (TDS) di dalam larutan maka kemungkinan jumlah ion dalam larutan juga akan semakin besar, menyebabkan nilai konduktivitas listrik (EC) juga akan semakin besar, sehingga terdapat hubungan antara jumlah zat padat terlarut (TDS) dengan nilai konduktivitas listrik.

B. Uji Spektrofotometer UV-Vis

Larutan hasil proses elektrolisis diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengujian ini untuk mengetahui apakah nanopartikel perak hasil elektrolisis telah terbentuk. Selain itu juga dapat memprediksi ukuran partikel. Hasil dari pengujian ini adalah spektrum UV-Vis yang berupa grafik dengan absis panjang gelombang dan ordinat absorbansi larutan sampel.

Grafik hasil uji spektrofotometer UV-Vis disajikan dalam Gambar 13. Pada Gambar 13 ditampilkan panjang gelombang yang digunakan dalam uji spektrofotometer UV-Vis adalah 200-800 nm. Panjang gelombang 200-400 nm merupakan panjang gelombang dari sinar UV sedangkan sisanya adalah panjang gelombang sinar tampak. Spektrum hasil uji spektrofotometer UV-Vis terdapat daerah serapan pada panjang gelombang serapan tertentu. Masakke, dkk. (2014: 49) menyatakan bahwa pembentukan nanopartikel perak dikonfirmasi dengan adanya serapan lambda maksimum pada panjang gelombang 395-515 nm.



Gambar 13. Spektrum UV-Vis Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dari Beberapa Variasi Tegangan

Grafik pada Gambar 13 terdapat titik-titik puncak pada panjang gelombang tertentu yang menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak. Keberadaan nanopartikel perak ditunjukkan dengan adanya puncak serapan pada panjang gelombang 395-515 nm. Data titik puncak serapan pada panjang gelombang tersebut dari sampel larutan nanopartikel perak disajikan dalam Tabel 3.

Pada larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dengan besar tegangan listrik 5 V dengan konsentrasi 4 ppm terdapat puncak pada panjang gelombang 403 nm. Hasil ini menunjukkan bahwa larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis menyerap secara maksimal spektrum sinar UV-Vis pada panjang gelombang 403 nm. Larutan nanopartikel

perak hasil elektrolisis dengan besar tegangan listrik 15 V dengan konsentrasi 9 ppm terdapat puncak pada panjang gelombang 400 nm. Larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dengan besar tegangan listrik 25 V dengan konsentrasi 24 ppm puncaknya pada panjang gelombang 415 nm. Pada larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dengan besar tegangan listrik 35 V dengan konsentrasi 39 ppm terdapat puncak pada panjang gelombang 408 nm, sedangkan untuk larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dengan besar tegangan listrik 45 V dengan konsentrasi 23 ppm puncaknya terdapat pada panjang gelombang 423 dan 418 nm.

Tabel 3. Data Panjang Gelombang Nanopartikel Perak Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis

sampel larutan hasil elektrolisis		puncak	panjang gelombang (nm)	Absorbansi
konsentrasi (ppm)	Voltase (Volt)			
4	5	1	403	0,004
9	15	1	400	0,101
24	25	1	415	0,093
39	35	1	408	0,097
23	45	1	423	0,154
		2	418	0,154

Dapat dilihat bahwa semua sampel larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dengan berbagai tegangan listrik yang digunakan menyerap panjang gelombang pada absorbansi maksimum pada rentang 395-515 nm.

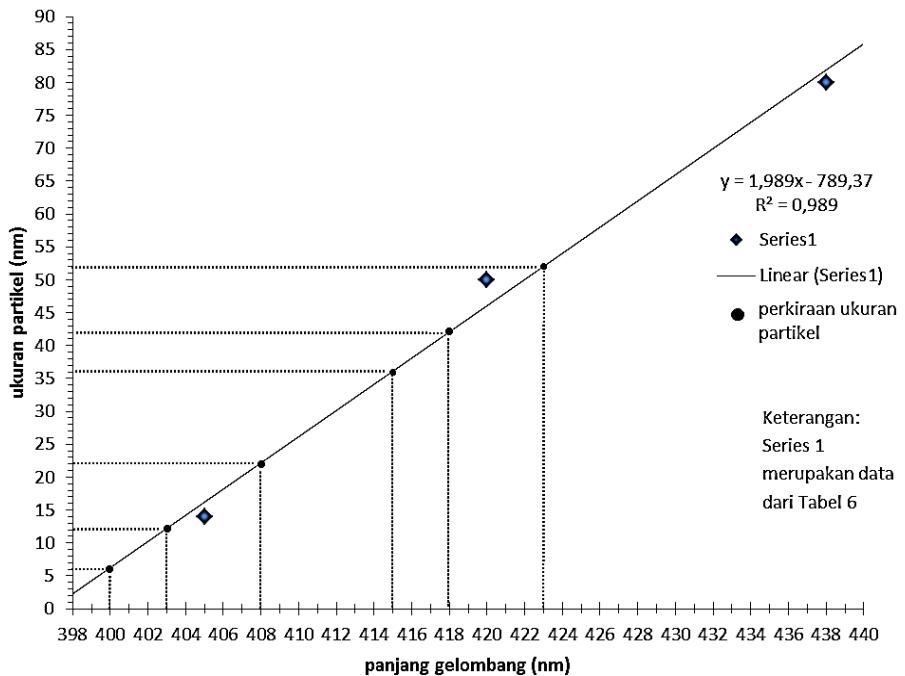
Hal ini menegaskan bahwa dengan adanya serapan panjang gelombang maksimum pada panjang gelombang tersebut maka telah terjadi pembentukan nanopartikel perak. Selain itu secara kualitatif warna larutan yang dihasilkan dari proses elektrolisis berwarna kekuning-kuningan.

Hasil uji spektrofotometer UV-Vis juga dapat digunakan untuk memprediksi ukuran partikel. Pada rentang panjang gelombang tertentu menunjukkan ukuran partikel tertentu. Berikut perbandingan ukuran partikel terhadap panjang gelombang partikel disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Ukuran Partikel terhadap Panjang Gelombang Partikel (Solomon, dkk., 2007: 324).

No	Ukuran partikel (nm)	λ_{\max} (nm)
1	10-14	395-405
2	35-50	420
3	60-80	438

Data Tabel 3 dapat dicocokkan hasilnya dengan Tabel 4 untuk memperkirakan ukuran nanopartikel perak hasil elektrolisis. Tabel 4 dibuat grafik ekstrapolasi untuk mengetahui kisaran ukuran partikel sampel. Grafik hasil ekstrapolasi dapat digunakan untuk memprediksi ukuran partikel pada panjang gelombang tertentu. Grafik hasil ekstrapolasi ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Hasil Ekstrapolasi Kisaran Ukuran Nanopartikel Perak

Berdasarkan grafik pada Gambar 14, dapat diketahui bahwa untuk konsentrasi 4 ppm dengan panjang gelombang 403 nm memiliki ukuran partikel \pm 12 nm. Konsentrasi 9 ppm dengan panjang gelombang 400 nm memiliki ukuran \pm 6 nm. Konsentrasi 24 ppm dengan panjang gelombang 415 ppm memiliki ukuran \pm 36 nm. Konsentrasi 39 ppm dengan panjang gelombang 408 memilki ukuran \pm 22 nm. Sedangkan konsentrasi 23 ppm dengan dua puncak yaitu pada panjang gelombang 423 dan 418 nm, masing-masing memiliki ukuran partikel \pm 52 dan 42 nm. Puncak serapan dari hasil UV-Vis berada pada rentang panjang gelombang 400-423 nm. Sehingga secara keseluruhan kisaran ukuran dari nanopartikel perak hasil elektrolisis \pm 6- 52 nm.

C. Uji Kepekaan Larutan Nanopartikel Perak terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida albicans*

Uji kepekaan larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans* menggunakan metode Kirby-Bauer yaitu dengan melihat zona bening yang muncul. Besar zona bening menandakan daya hambat larutan terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Semakin besar zona beningnya semakin besar daya hambat larutan dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Zona hambat yang timbul diukur diameternya dengan tiga kali pengulangan.

Uji kepekaan larutan dilakukan pada konsentrasi larutan 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm. Konsentrasi larutan yang diinginkan didapatkan dari hasil pengenceran larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis yaitu larutan dengan konsentrasi 15 ppm dan 32 ppm. Larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dengan konsentrasi 15 ppm diencerkan menjadi 10 dan 5 ppm, sedangkan larutan dengan konsentrasi 32 ppm diencerkan menjadi 20 dan 25 ppm. Setiap cawan petri berisi media agar NA yang ditanami jamur dibagi menjadi empat bagian yang akan ditempeli kertas saring berdiameter 6 mm. Jumlah cawan petri berisi media agar NA yang digunakan sebanyak 5 buah yaitu 1 buah cawan petri digunakan untuk 1 variasi konsentrasi larutan. Setiap cawan petri berisi satu kertas saring yang dicelupkan di larutan akudes sebagai kontrol negatif dan tiga kertas lainnya dicelupkan di larutan nanopartikel perak yang akan diuji. Sehingga setiap variasi konsentrasi

memiliki 3 sampel uji dan setiap sampel uji dilakukan 3 kali pengukuran. Pengukuran diameter menggunakan jangka sorong.

Data hasil pengukuran diameter zona bening dirata-rata untuk setiap sampel uji dan nilai ralat dihitung dengan rumus ralat pengukuran berulang untuk masing-masing konsentrasi larutan. Data yang diperoleh kemudian dirata-rata kembali menggunakan perhitungan rata-rata berbobot, sehingga didapatkan data rata-rata dan ralat diameter zona bening untuk setiap variasi konsentrasi dan waktu. Data dari uji kepekaan larutan terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans* adalah hubungan konsentrasi larutan dengan diameter zona bening dan hubungan lama waktu inkubasi dengan diameter zona bening.

1. Hubungan Konsentrasi Larutan dengan Diameter Zona Bening

Data pengukuran diameter zona bening untuk setiap variasi konsentrasi larutan nanopartikel perak disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Diameter Zona Bening Jamur *Candida albicans*

konsentrasi larutan (ppm)	diameter zona bening						
	jam ke- 28		jam ke-48		jam ke-87		
	\bar{X} (mm)	\bar{S}_x (mm)	\bar{X} (mm)	\bar{S}_x (mm)	\bar{X} (mm)	\bar{S}_x (mm)	Kontrol negatif
5	7,5	0,2	7,26	0,07	7,12	0,09	0
10	8,7	0,3	8,2	0,2	6,75	0,07	0
15	10,5	0,2	10,2	0,2	7,0	0,2	0
20	10,7	0,3	9,0	0,1	8,07	0,09	0
25	11,6	0,5	10,4	0,3	9,8	0,1	0

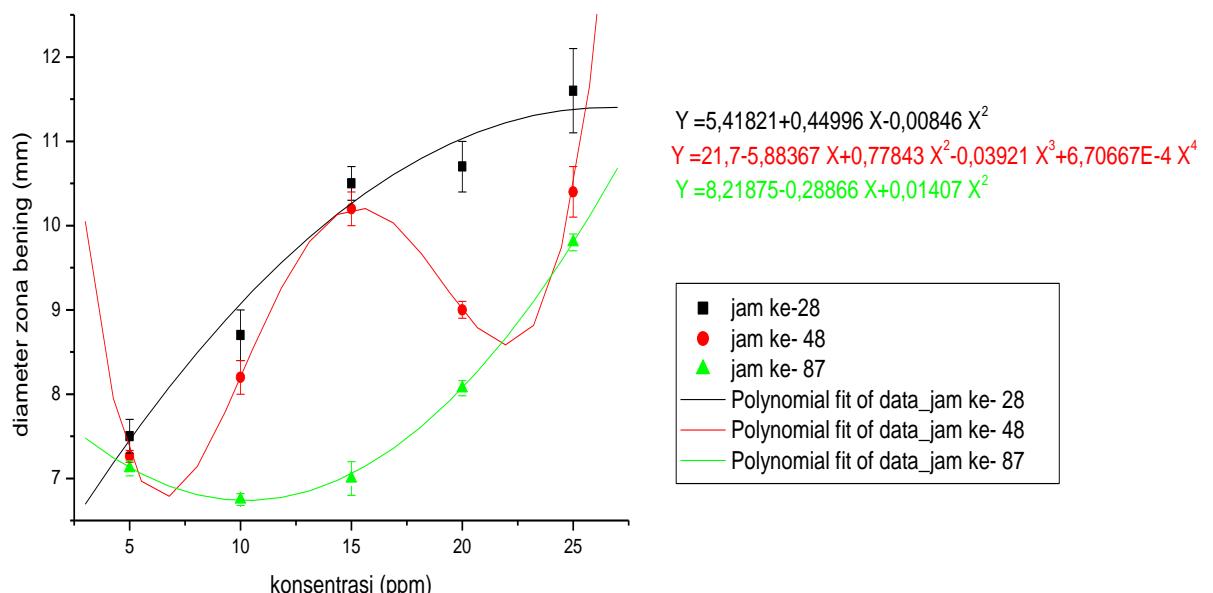
Pada Tabel 5 dapat terlihat semakin besar konsentrasi larutan yang digunakan maka diameter zona hambatnya semakin besar setelah 28 jam

pendiaman, namun pada jam ke- 48 zona beningnya sudah mengalami penurunan. Pada jam ke- 48 semakin besar konsentrasi larutannya zona beningnya relatif semakin besar kecuali pada konsentrasi 20 ppm. Zona bening pada konsentrasi 20 ppm ini diameternya lebih kecil dari diameter pada konsentrasi 15 ppm. Pada jam ke- 48 dapat dikatakan seiring bertambahnya konsentrasi larutan yang digunakan besar zona beningnya juga semakin besar karena dari konsentrasi 5, 10, 15, dan 25 ppm zona beningnya semakin besar. Pengukuran pada jam ke- 87 besar zona bening kembali turun dibandingkan pada jam ke- 48. Pengukuran pada jam ke- 87 besarnya zona bening seiring bertambahnya besar konsentrasi larutan yang digunakan relatif semakin besar kecuali pada konsentrasi 5 ppm. Pada konsentrasi 5 ppm ini besar zona beningnya besar dari diameter zona bening pada konsentrasi 10 dan 15 ppm, namun dapat dikatakan hasil pengukuran zona bening pada jam ke- 87 relatif semakin besar seiring bertambahnya konsentrasi larutan yang digunakan. Dilihat dari Tabel 5 konsentrasi 25 ppm pada pengukuran jam ke- 87 memiliki zona bening yang paling besar. Hal ini menyatakan bahwa konsentrasi larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis pada penelitian ini yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans* pada penelitian ini adalah konsentrasi 25 ppm.

Pada daerah kontrol tidak terdapat zona bening yang muncul. Kontrol yang digunakan adalah akuades. Tidak adanya zona bening menandakan akuades tidak memiliki sifat antijamur sehingga tidak dapat

menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Akuades ini merupakan kontrol negatif.

Hubungan antara konsentrasi larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dengan diameter zona bening disajikan dalam grafik pada Gambar 15.



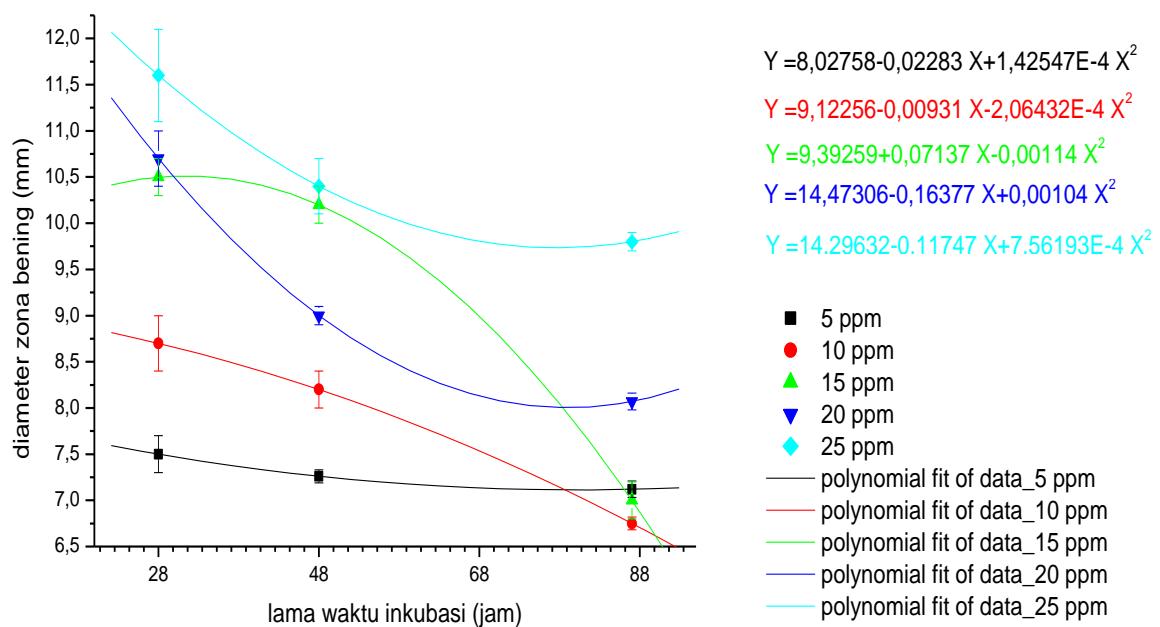
Gambar 15. Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dengan Diameter Zona Bening pada Jamur *Candida albicans*

Grafik pada Gambar 15 lebih terlihat hubungan antara konsentrasi larutan nanopartikel perak yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans* dengan besar zona bening yang timbul. Dapat dikatakan hubungan antara keduanya bahwa semakin besar konsentrasi larutannya maka zona bening yang timbul cenderung besar pula. Larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis sudah menunjukkan sifat antijamur

terlihat dari munculnya zona bening untuk semua variasi konsentrasi larutan.

2. Hubungan Waktu Inkubasi dengan Diamater Zona Bening

Berdasarkan data dari Tabel 5 terlihat untuk setiap variasi konsentrasi larutan bahwa diameter zona bening yang terukur semakin mengecil seiring bertambahnya waktu. Pada jam ke- 48 diameter zona bening seluruh sampel sudah mengalami penurunan. Meskipun mengalami penurunan diameter, tetapi setelah 87 jam zona bening masih terlihat dan terukur dengan diameter rata-rata yang terbesar adalah $9,8 \pm 0,1$ mm yaitu pada konsentrasi 25 ppm. Hubungan antara waktu Inkubasi dan diameter zona bening disajikan dalam grafik pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Hubungan Waktu Inkubasi dengan Diameter Zona Bening pada Jamur *Candida albicans*

Grafik pada Gambar 16 menunjukkan hubungan waktu dengan diameter zona bening yang muncul dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Terlihat bahwa daya hambat larutan sudah mengalami penurunan pada jam ke- 48. Semakin lama diameter zona beningnya semakin mengecil. Hal ini terjadi untuk seluruh variasi konsentrasi larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis. Mengecilnya zona bening dikarenakan area sekitar zona bening kembali ditumbuhi oleh jamur *Candida albicans*. Meski mengalami penurunan zona bening masih terlihat pada jam ke- 78 sehingga dapat dikatakan larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis dapat menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans*. Larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis pada penelitian ini efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans* hingga lama waktu inkubasi 28 jam. Larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis pada penelitian ini sudah menunjukkan sifat antijamur yang dibuktikan dengan adanya zona bening.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dengan teknik elektrolisis ditunjukkan pada spektrum UV-Vis yaitu dengan adanya puncak absorbansi maksimum pada rentang panjang gelombang serapan khas nanopartikel perak yaitu 395-515 nm, dimana pada penelitian ini diperoleh panjang gelombang serapan dalam rentang 400-423 nm, dengan kisaran ukuran partikelnya \pm 6-52 nm.
2. Peningkatan konsentrasi nanopartikel perak menyebabkan semakin terhambatnya pertumbuhan jamur *Candida albicans* ditandai dengan semakin besarnya diameter zona bening yang muncul pada sampel.
3. Semakin lama waktu inkubasi menyebabkan daya hambat larutan terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans* semakin menurun ditandai dengan semakin mengecilnya diameter zona bening. Pada penelitian ini larutan nanopartikel perak hasil elektrolisis efektif menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans* hingga lama waktu inkubasi 28 jam.

B. Saran

1. Uji daya hambat larutan perlu dilakukan pada konsentrasi yang lebih tinggi untuk melihat pola persebaran data yang lebih akurat.

2. Uji daya hambat larutan pada penelitian ini masih terbatas pada jamur *Candida albicans*, sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya diperluas untuk jenis jamur lain.

DAFTAR PUSTAKA

Abdassah, Marline. (2017). Nanopartikel dengan Gelasi Ionik. *Jurnal Farmaka* (Volume 15 Nomor 1). Hlm. 45-52.

Admin. (2018). *Candidiasis*. Diakses pada tanggal 31 Juli 2018, Jam 14.33 WIB dari <https://www.klikdokter.com/penyakit/candidiasis>.

Adrianto, Herbert & Natalia Yuwono. (2018). *Pengantar Blok Penyakit Tropis dari Zaman Kuno Hingga Abad 21 Terkini*. Jember: Pustaka Abadi.

Ariyanta, Harits Atika. (2014). Preparasi Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi dan Aplikasinya sebagai Antibakteri Penyebab Luka Infeksi. *Jurnal MKMI* (Volume 10 No 1). Hlm. 36-42.

Cavalheiro, Mafalda. & Teixeira, Miguel Cacho. (2018). *Candida Biofilms: Threats, Challenges, and Promising Strategies*. *Frontiers in Medicine* (Volume 5, Article 28). Hlm 1-15.

Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: LPTIK Universitas Andalas

Effendi, Hefni. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius

Garg, Neelima., Garg, K.L., & Mukerji, K.G. (2010). *Laboratory Manual of Food Microbiologi*. New Delhi: I.K. International Pvt.Ltd.

Graham-Brown, Robin dan Burns, Tony. (2005). *Dermatologi: Catatan Kuliah*. (Alih bahasa: M. Anies Zakaria). Jakarta: Penerbit Erlangga.

Guzmán, Maribel G., Dille, Jean. & Godet, Stephan. (2008). Synthesis of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Materials and Metallurgical Engineering* (Vol.2, No.7). Hlm. 91-98.

Harmita & Radji, Maksum. (2006). *Buku Ajar Analisis Hayati Edisi 3*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Haryono, Agus., dkk. (2008). Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri* (Vol.2, No.3). Hlm. 156-163.

Hudha, Mohammad Istnaeny., Jimmy., & Muyassaroh. (2014). Studi Penurunan COD dan TSS Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Proses Elektrokimia. *Prosiding, Seminar Nasional Kimia*. Surabaya: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya

Ibrahim, Sanusi & Marham Sitorus. (2013). *Teknik Laboratorium Kimia Organik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Irwan, Fadhilah dan Afdal. (2016). Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan *Total Dissolved Solid* (TDS) dan Temperatur pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fusuka Unand* (Vol.5, No.1). Hlm. 85-93.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016). *Mari Bersama Atasi Resistensi Antimikroba (AMR)*. Diakses pada tanggal 7 April 2018, Jam 13.21 WIB dari <http://www.depkes.go.id/article/view/16060800002/mari-bersama-ataси-resistensi-antimikroba-amr-.html>.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Apoteker Perlu Kontrol Pemberian Antibiotik kepada Masyarakat*. Diakses pada tanggal 25 Oktober 2018, Jam 17.25 WIB dari <http://www.depkes.go.id/article/view/17111500001/apoteker-perlu-kontrol-pemberian-antibiotik-kepada-masyarakat.html>.

Locke, Thomas., dkk. (2013). *Microbiology and Infectious Diseases on The Move*. Penerjemah: Rizqi Akbarini. Jakarta: Penerbit Indeks.

Lubis, Khairiza. (2015). Metoda-Metoda Karakterisasi Nanopartikel Perak. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* (Volume 21 Nomor 79 Tahun XXI). Hlm. 50-55.

Machdar, Izarul. (2018). *Pengantar Pengendalian Pencemaran Air, Pencemaran Udara, dan Kebisingan*. Yogyakarta: Deepublish.

Martien, Ronny., dkk. (2012). Perkembangan Teknologi Nanopartikel sebagai Sistem Penghantaran Obat. *Majalah Farmaseutik* (Vol. 8 No. 1). Hlm.133-144.

Masakke, Yakhin, dkk. (2014). Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia mangostana L.*). *Jurnal Chemica*, (Vol.5 No.2). Hlm 45-57.

Mulyati, Sri & Moh. Nurkhozin. (2016). *Kimia Dasar Jilid 2*. Bandung: Penerbit Alfabeta.

Mutiawati, Vivi Keumala. (2016). Pemeriksaan Mikrobiologi pada *Candida albicans*. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala* (Volume 16 Nomor 1). Hlm. 53-63.

Nobile, Clarissa J. & Johnson, Alexander D. (2015). *Candida albicans* Biofilms and Human Disease. *Annual Review of Microbiology* (Volume 29). Hlm. 71-92.

Padoli. (2016). *Mikrobiologi dan Parasitologi Keperawatan*. Jakarta: Pusdik SDM Kesehatan.

Palanna, O.G. (2009). *Engineering Chemistry*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education Pvt. Ltd.

Paramita, dkk. (2016). Uji Kepekaan Antifungi Fluconazole dan Nistatin Terhadap *Candida Albicans* ATCC 10231 dengan Metode Difusi Disk . *Jurnal Farmasi Udayana* (Vol. 5 No. 1). Hlm. 8-11.

Rahmat, Purwadaksi . (2015). *Bertanam Hidroponik Gak Pake Masalah*. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Riwayati, I. (2007). Analisa Resiko Pengaruh Partikel Nano terhadap Kesehatan Manusia. *Jurnal Momentum* (Volume 3 Nomor 2). Hlm. 17-20.

Riyanto. (2012). *Elektrokimia dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Simatupang, Maria Magdalena. (2009). *Candida albicans*. Makalah Kuliah. Sumatera Utara: Fakultas Kedokteran USU.

Siregar, R.S. (2004). *Penyakit Jamur Kulit Edisi 2*. Jakarta: Penerbit EGC

Solomon, Sally D., Bahadory, Mozghan., Jeyarajasingam, Aravindan V., dkk. (2007). Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, (Vol. 84, No.2). Hlm.322-325.

Suhartati, Tati. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Bandar Lampung: Penerbit Aura.

Suryawanshi, AD., Sanap, VB., Padampalle, AS, Suryawanshi DD. (2018). Silver Nanoparticles as A New Generation of Antimicrobials –A Review, Int. Res. *Journal of Science & Engineer* (Special Issue A2). Hlm. 202-206

Suyata, Irmanto, & Rastuti, Undri. (2015). Penerapan Metode Elektrokimia Untuk Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Total Suspended Solid (TSS) Limbah Cair Industri Tahu. *Molekul* (Vol. 10, No. 1). Hlm. 77.

Tebbutt, T.H.Y. (1998). *Principle of Water Quality Control 5th Edition*. Oxford: Butterworth-Heinemann

Triyati, Etty. (1985). Spektrofotometer Ultra-Violet dan Sinar Tampak serta Aplikasinya dalam Oseanologi. *Oseana* (Volume X, Nomor 1) Hlm. 39 – 47

Yenny & Herwana, Elly. (2007). Resistensi dari Bakteri Enterik : Aspek Global terhadap Antimikroba. *Universa Medicina* (Vol. 26, No.1) Hlm. 46-56

Yusmaniar., Wardiyah., & Nida, Khairun. (2017). Bahan Ajar Farmasi Mikrobiologi dan Parasitologi. Jakarta: Pusdik SDM Kesehatan.

Zulmiyusrini, Putri. (2015). *Infeksi : Infeksi adalah - Gejala - Penyebab - Pengobatan (Kerjanya)*. Diakses dari <http://www.kerjanya.net/faq/12111-infeksi.html>, pada tanggal 13 Maret 2018, Jam 11.53 WIB.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Elektrolisis

Voltase = 5 Volt			
no	waktu (menit)	TDS (ppm)	EC (μ S/cm)
1	0	0	0
2	10	0	0
3	30	0	0
4	50	1	2
5	70	1	2
6	90	2	3
7	110	2	5
8	130	3	6
9	150	4	8

9	150	24	51
---	-----	----	----

Voltase = 15 Volt			
no	waktu (menit)	TDS (ppm)	EC (μ S/cm)
1	0	0	0
2	10	0	0
3	30	1	3
4	50	4	8
5	70	5	11
6	90	7	15
7	110	10	20
8	130	11	22
9	150	13	26

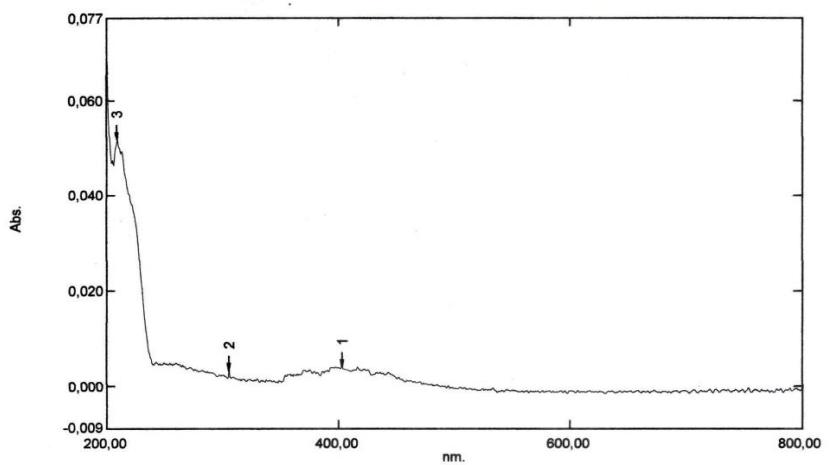
Voltase = 35 Volt			
no	waktu (menit)	TDS (ppm)	EC (μ S/cm)
1	0	0	0
2	10	4	8
3	30	20	43
4	50	25	51
5	70	27	57
6	90	29	60
7	110	32	69
8	130	37	78
9	150	38	82

Voltase = 45 Volt			
no	waktu (menit)	TDS (ppm)	EC (μ S/cm)
1	0	0	0
2	10	3	6
3	30	15	32
4	50	19	41
5	70	27	58
6	90	23	49
7	110	28	58
8	130	32	69
9	150	40	86

Voltase = 25 Volt			
no	waktu (menit)	TDS (ppm)	EC (μ S/cm)
1	0	0	0
2	10	2	3
3	30	6	11
4	50	12	25
5	70	18	37
6	90	19	41
7	110	22	46
8	130	23	49

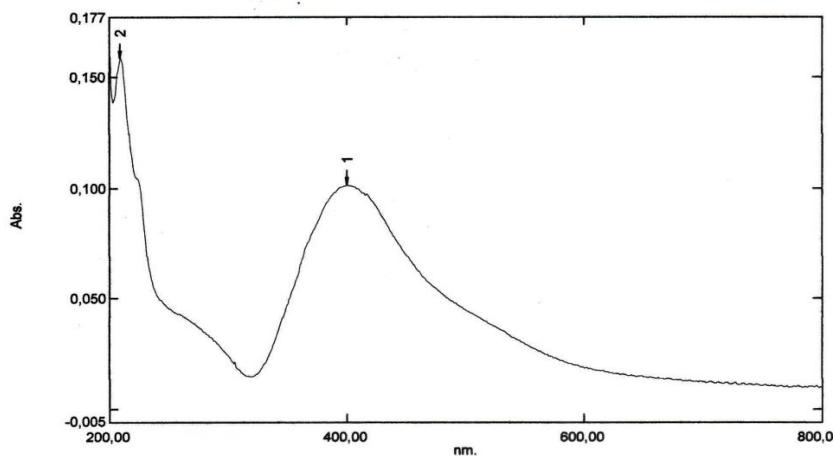
Lampiran 2. Grafik Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis

Data Set: 4 ppm 5V.spc - RawData



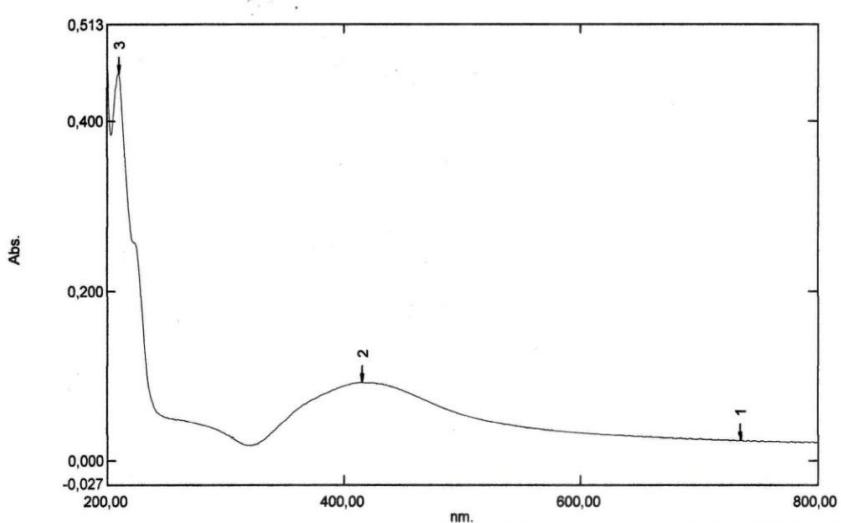
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●●	403,00	0,004	
2	●●	305,80	0,003	
3	●●	209,00	0,052	

Data Set: 9 ppm 15V.spc - RawData



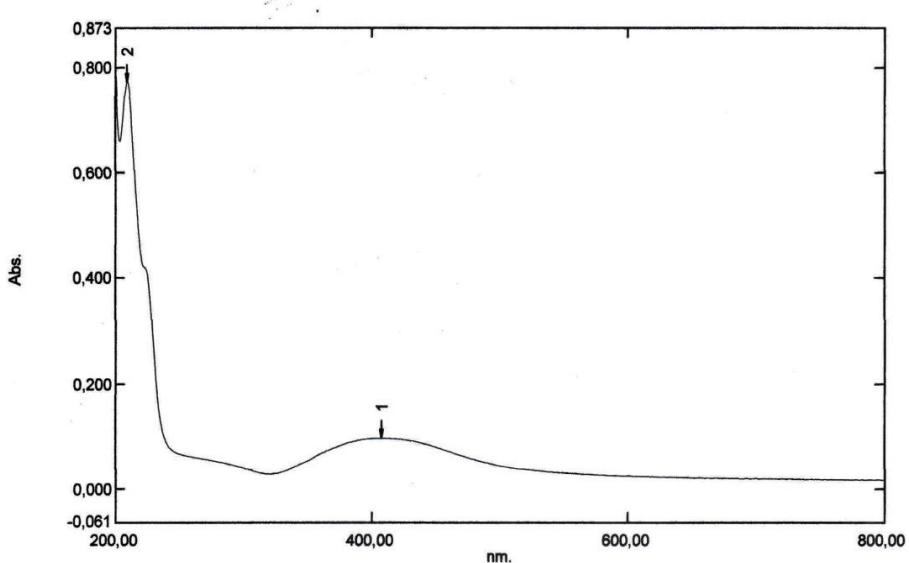
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●●	400,00	0,101	
2	●●	209,00	0,159	

Data Set: 24 ppm 25V.spc - RawData



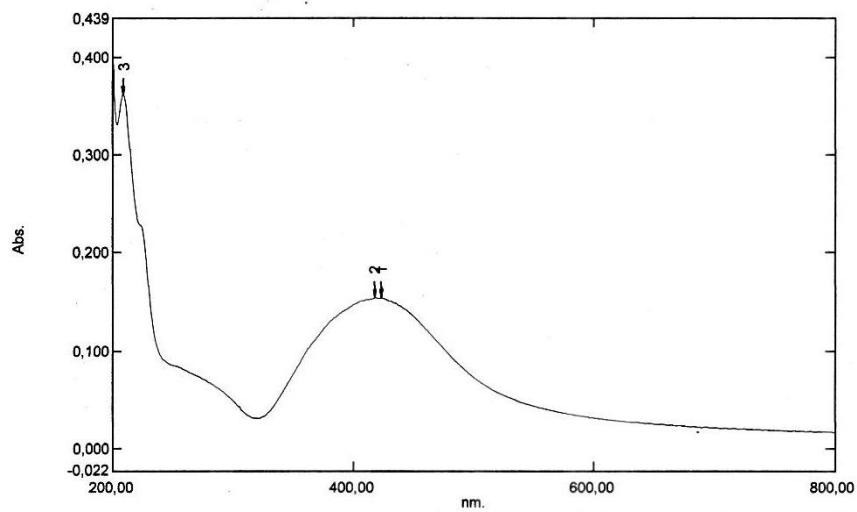
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	735,00	0,024	
2	●	415,00	0,093	
3	●	209,50	0,456	

Data Set: 39 ppm 35V.spc - RawData



No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	408,00	0,097	
2	●	209,00	0,772	

Data Set: 23 ppm 45V.spc - RawData



No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	④	423,00	0,154	
2	④	418,00	0,154	
3	④	209,00	0,362	

Lampiran 3. Pengenceran

Menggunakan larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 15 dan 32 ppm

<p>1. Pengenceran 15 ppm menjadi 10 ppm</p> $M_1V_1 = M_2V_2$ $15.V_1 = 10.15$ $V_1 = 10 \text{ ml}$ $\Delta V = 15 - 10$ $= 5 \text{ ml}$	<p>2. Pengenceran 15 ppm menjadi 5 ppm</p> $M_1V_1 = M_2V_2$ $15.V_1 = 5.15$ $V_1 = 5 \text{ ml}$ $\Delta V = 15 - 5$ $= 10 \text{ ml}$
<p>3. Pengenceran 32 ppm menjadi 20 ppm</p> $M_1V_1 = M_2V_2$ $32.V_1 = 20.16$ $V_1 = 10 \text{ ml}$ $\Delta V = 16 - 10$ $= 6 \text{ ml}$	<p>4. Pengenceran 32 ppm menjadi 25 ppm</p> $M_1V_1 = M_2V_2$ $15.V_1 = 10.15$ $V_1 = 10 \text{ ml}$ $\Delta V = 15 - 10$ $= 5 \text{ ml}$

Lampiran 4. Data Uji Kepakaan Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida albicans*

konsentrasi	sampel	pengulangan	Diameter (mm)		
			Jam ke-28	Jam ke-48	Jam ke-87
5 ppm	1	1	8,90	8,54	8,44
		2	7,46	7,26	7,16
		3	8,60	8,30	7,76
	rata-rata		8,32	8,03	7,79
	2	1	7,18	7,06	7,02
		2	7,60	7,20	7,10
		3	7,40	7,22	7,16
	rata-rata		7,39	7,16	7,09
	3	1	7,40	7,26	7,16
		2	7,66	7,30	7,28
		3	8,02	7,46	6,90
	rata-rata		7,69	7,34	7,11
10 ppm	1	1	7,90	7,88	6,60
		2	9,04	8,66	6,70
		3	8,84	8,54	6,80
	rata-rata		8,59	8,36	6,70
	2	1	8,70	7,70	7,02
		2	8,42	8,24	7,90
		3	9,22	8,24	7,88
	rata-rata		8,78	8,06	7,60
	3	1	10,40	9,20	6,88
		2	10,60	9,82	6,68
		3	11,62	10,60	6,88
	rata-rata		10,87	9,87	6,81
15 ppm	1	1	11,60	10,30	8,92
		2	12,66	10,54	8,04
		3	12,50	11,08	7,80
	rata-rata		12,25	10,64	8,25
	2	1	10,60	10,82	6,58
		2	10,00	9,54	7,36
		3	11,50	10,46	7,90
	rata-rata		10,70	10,27	7,28
	3	1	10,60	9,90	6,76

		2	10,30	10,20	7,22
		3	10,62	9,64	6,84
		rata-rata		10,51	9,91
20 ppm	1	1	10,02	10,00	7,58
		2	10,80	9,68	8,14
		3	11,20	9,52	7,60
		rata-rata		10,67	9,73
	2	1	10,70	8,70	7,14
		2	11,00	9,04	8,42
		3	10,50	9,08	8,34
		rata-rata		10,73	8,94
	3	1	12,00	9,08	8,02
		2	12,12	9,32	8,20
		3	12,20	9,02	8,04
		rata-rata		12,11	9,14
25 ppm	1	1	12,46	10,30	9,72
		2	12,30	11,90	9,66
		3	13,54	11,60	9,90
		rata-rata		12,77	11,27
	2	1	11,00	9,70	8,60
		2	11,40	10,30	9,60
		3	11,98	10,40	8,80
		rata-rata		11,46	10,13
	3	1	10,80	9,92	8,64
		2	12,26	10,70	10,30
		3	12,96	11,38	10,20
		rata-rata		12,01	10,67
					9,71

Persamaan Rambat Ralat Diameter Zona Bening

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{\infty} (X_n - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana :

X_n = Data ke-n

\bar{X} = Rata-rata data

n = Jumlah data

S_x = Nilai ralat

Konsentrasi	sampel	Diameter					
		Jam ke-28		Jam ke- 48		Jam ke-87	
		X (mm)	S_x (mm)	X (mm)	S_x (mm)	X (mm)	S_x (mm)
5 ppm	1	8,3	0,8	8,0	0,7	7,8	0,6
	2	7,4	0,2	7,2	0,1	7,1	0,1
	3	7,7	0,3	7,3	0,1	7,1	0,2
10 ppm	1	8,6	0,6	8,4	0,4	6,7	0,1
	2	8,8	0,4	8,1	0,3	7,6	0,5
	3	10,9	0,7	9,9	0,7	6,8	0,1
15 ppm	1	12,3	0,6	10,6	0,4	8,3	0,6
	2	10,7	0,8	10,3	0,7	7,3	0,7
	3	10,5	0,2	9,9	0,3	6,9	0,3
20 ppm	1	10,7	0,6	9,7	0,2	7,8	0,3
	2	10,7	0,3	8,9	0,2	8,0	0,7
	3	12,1	0,1	9,1	0,2	8,1	0,1
25 ppm	1	12,8	0,7	11,3	0,9	9,8	0,1
	2	11,5	0,5	10,1	0,4	9,0	0,5
	3	12,0	1,1	10,7	0,7	9,7	0,9

Perhitungan Rata- Rata Berbobot Data Diameter Zona Bening

1. Uji kecocokan data

$$\delta = |X_1 - X_2|$$

Data dinyatakan cocok jika: $\delta \leq S_{X_1} + S_{X_2}$
 $\delta = \text{diskripsi} (\text{beda nilai})$

konsentrasi	sampel	diameter					
		jam ke- 28					
		X (mm)	Sx (mm)	data ke-	δ diskripsi	$S_{X_1} + S_{X_2}$	kecocokan
5 ppm	1	8,3	0,8	1,2	0,9	1	cocok
	2	7,4	0,2	1,3	0,6	1,1	cocok
	3	7,7	0,3	2,3	0,3	0,5	cocok
10 ppm	1	8,6	0,6	1,2	0,2	1	cocok
	2	8,8	0,4	1,3	2,3	1,3	tidak
	3	10,9	0,7	2,3	2,1	1,1	tidak
15 ppm	1	12,3	0,6	1,2	1,6	1,4	tidak
	2	10,7	0,8	1,3	1,8	0,8	tidak
	3	10,5	0,2	2,3	0,2	1	cocok
20 ppm	1	10,7	0,6	1,2	0	0,9	cocok
	2	10,7	0,3	1,3	1,4	0,7	tidak
	3	12,1	0,1	2,3	1,4	0,4	tidak
25 ppm	1	12,8	0,7	1,2	1,3	1,2	tidak
	2	11,5	0,5	1,3	0,8	1,8	cocok
	3	12	1,1	2,3	0,5	1,6	cocok

konsentrasi	sampel	diameter					
		jam ke- 48					
		X (mm)	S _x (mm)	data ke-	δ diskripansi	S _{x1} + S _{x2}	kecocokan
5 ppm	1	8	0,7	1,2	0,8	0,8	cocok
	2	7,2	0,1	1,3	0,7	0,8	cocok
	3	7,3	0,1	2,3	0,1	0,2	cocok
10 ppm	1	8,4	0,4	1,2	0,3	0,7	cocok
	2	8,1	0,3	1,3	1,5	1,1	tidak
	3	9,9	0,7	2,3	1,8	1	tidak
15 ppm	1	10,6	0,4	1,2	0,3	1,1	cocok
	2	10,3	0,7	1,3	0,7	0,7	cocok
	3	9,9	0,3	2,3	0,4	1	cocok
20 ppm	1	9,7	0,2	1,2	0,8	0,4	tidak
	2	8,9	0,2	1,3	0,6	0,4	tidak
	3	9,1	0,2	2,3	0,2	0,4	cocok
25 ppm	1	11,3	0,9	1,2	1,2	1,3	cocok
	2	10,1	0,4	1,3	0,6	1,6	cocok
	3	10,7	0,7	2,3	0,6	1,1	cocok

konsentrasi	sampel	diameter					
		jam ke- 87					
		X (mm)	S _x (mm)	data ke-	δ diskripansi	S _{x1} + S _{x2}	kecocokan
5 ppm	1	7,8	0,6	1,2	0,7	0,7	cocok
	2	7,1	0,1	1,3	0,7	0,8	cocok
	3	7,1	0,2	2,3	0	0,3	cocok
10 ppm	1	6,7	0,1	1,2	0,9	0,6	tidak
	2	7,6	0,5	1,3	0,1	0,2	cocok
	3	6,8	0,1	2,3	0,8	0,6	tidak
15 ppm	1	6,7	0,1	1,2	0,9	0,6	tidak
	2	7,6	0,5	1,3	0,1	0,2	cocok
	3	6,8	0,1	2,3	0,8	0,6	tidak

20 ppm	1	7,8	0,3	1,2	0,2	1	cocok
	2	8,0	0,7	1,3	0,3	0,4	cocok
	3	8,1	0,1	2,3	0,1	0,8	cocok
25 ppm	1	9,8	0,1	1,2	0,8	0,6	tidak
	2	9,0	0,5	1,3	0,1	1	cocok
	3	9,7	0,9	2,3	0,7	1,4	cocok

Keterangan:

	→ Data yang ditandai dengan warna abu-abu adalah data yang akan dibuang sehingga tidak masuk perhitungan selanjutnya
--	--

2. Data yang cocok kemudian dirata-rata menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i X_i}{\sum_{i=1}^N w_i}, \quad w_i = 1/S_i^2$$

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^N w_i}}$$

Dimana:

X_i = Data ke-i

\bar{X} = Rata-rata data

S_i = Ralat ke-i

$S_{\bar{X}}$ = Ralat rata-rata

konsentrasi	sampel	diameter					
		jam ke- 28		jam ke-48		jam ke-87	
		X (mm)	Sx (mm)	X (mm)	Sx (mm)	X (mm)	Sx (mm)
5 ppm	1	8,3	0,8	8	0,7	7,8	0,6
	2	7,4	0,2	7,2	0,1	7,1	0,1
	3	7,7	0,3	7,3	0,1	7,1	0,2
	rata-rata	7,5	0,2	7,26	0,07	7,12	0,09
10 ppm	1	8,6	0,6	8,4	0,4	6,7	0,1
	2	8,8	0,4	8,1	0,3		
	3					6,8	0,1
	rata-rata	8,7	0,3	8,2	0,2	6,75	0,07
15 ppm	1			10,6	0,4	8,3	0,6
	2	10,7	0,8	10,3	0,7		
	3	10,5	0,2	9,9	0,3	6,9	0,2
	rata-rata	10,5	0,2	10,2	0,2	7,0	0,2
20 ppm	1	10,7	0,6			7,8	0,3
	2	10,7	0,3	8,9	0,2	8	0,7
	3			9,1	0,2	8,1	0,1
	rata-rata	10,7	0,3	9,0	0,1	8,07	0,09
25 ppm	1			11,3	0,9	9,8	0,1
	2	11,5	0,5	10,1	0,4		
	3	12	1,1	10,7	0,7	9,7	0,9
	rata-rata	11,6	0,5	10,4	0,3	9,8	0,1

Lampiran 5. Data Fitting Grafik

1. Data Fitting Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Total Padatan Terlarut

a. Lama waktu elektrolisis 10 menit

Polynomial Regression for Data1_B:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_C error bars.

Parameter	Value	Error
A	1,66161	1,18749
B1	-0,46815	0,21359
B2	0,02982	0,00997
B3	-4,16667E-4	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99888	0,23905	5	0,04253

b. Lama waktu elektrolisis 30 menit

Polynomial Regression for Data1_D:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3 + B4*X^4$
 Weight given by Data1_E error bars.

Parameter	Value	Error
A	-9,58594	2,6266
B1	3,20417	0
B2	-0,31312	0
B3	0,01183	0
B4	-1,375E-4	0

R-Square(COD)	SD	N	P
1	0	5	<0.0001

c. Lama waktu elektrolisis 50 menit

Polynomial Regression for Data1_F:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_G error bars.

Parameter	Value	Error
A	8,25357	1,18749
B1	-2,03571	0,21359
B2	0,14071	0,00997
B3	-0,002	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,97957	5,7371	5	0,18136

d. Lama waktu elektrolisis 70 menit

Polynomial Regression For Data1_H:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_I error bars.

Parameter	Value	Error
A	4,14464	1,18749
B1	-1,13393	0,21359
B2	0,10393	0,00997
B3	-0,0015	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99845	1,91237	5	0,05006

e. Lama waktu elektrolisis 90 menit

Polynomial Regression For Data1_J:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_K error bars.

Parameter	Value	Error
A	6,37054	1,18749
B1	-1,44494	0,21359
B2	0,12661	0,00997
B3	-0,00192	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99929	1,19523	5	0,03389

f. Lama waktu elektrolisis 110 menit

Polynomial Regression For Data1_L:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_M error bars.

Parameter	Value	Error
A	3,09464	1,18749
B1	-0,63393	0,21359
B2	0,09393	0,00997
B3	-0,0015	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99918	1,43427	5	0,03641

g. Lama waktu elektrolisis 130 menit

Polynomial Regression for Data1_N:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_O error bars.

Parameter	Value	Error
A	6,57054	1,18749
B1	-1,24494	0,21359
B2	0,12661	0,00997
B3	-0,00192	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99359	4,54187	5	0,10181

h. Lama waktu elektrolisis 150 menit

Polynomial Regression for Data1_P:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_Q error bars.

Parameter	Value	Error
A	4,52321	1,18749
B1	-0,42798	0,21359
B2	0,07964	0,00997
B3	-0,00117	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99624	3,82473	5	0,07802

2. Data Fitting Grafik Hubungan Waktu dengan Total Padatan Terlarut

a. Voltase 5 V

Polynomial Regression for Data1_B:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_C error bars.

Parameter	Value	Error
A	-0,36972	0,77799
B1	0,02599	0,04281
B2	-1,23106E-4	6,22967E-4
B3	9,4697E-7	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,97114	0,6328	8	0,00155

b. Voltase 15 V

Polynomial Regression for Data1_D:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
Weight given by Data1_E error bars.

Parameter	Value	Error
A	-0,75041	0,77799
B1	0,0592	0,04281
B2	5,45184E-4	6,22967E-4
B3	-2,2096E-6	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99107	1,17974	8	1,49035E-4

c. Voltase 25 V

Polynomial Regression for Data1_F:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
Weight given by Data1_G error bars.

Parameter	Value	Error
A	-1,69751	0,77799
B1	0,3221	0,04281
B2	-8,27922E-4	6,22967E-4
B3	-1,26263E-6	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,98917	2,26492	8	2,1928E-4

d. Voltase 35 V

Polynomial Regression for Data1_H:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
Weight given by Data1_I error bars.

Parameter	Value	Error
A	-3,05682	0,77799
B1	0,92353	0,04281
B2	-0,00891	6,22967E-4
B3	3,09343E-5	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,97409	4,63704	8	0,00125

e. Voltase 45 V

Polynomial Regression for Data1_J:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_K error bars.

Parameter	Value	Error
A	-5,23904	0,77799
B1	0,92263	0,04281
B2	-0,00996	6,22967E-4
B3	3,88258E-5	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,9777	4,45444	8	9,25252E-4

3. Data Fitting Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Konduktivitas Listrik (EC)

a. Lama waktu elektrolisis 10 menit

Polynomial Regression for Data1_B:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_C error bars.

Parameter	Value	Error
A	3,73036	1,18749
B1	-1,00774	0,21359
B2	0,06107	0,00997
B3	-8,33333E-4	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,98214	1,91237	5	0,16964

b. Lama waktu elektrolisis 30 menit

Polynomial Regression for Data1_D:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3 + B4*X^4$
 Weight given by Data1_E error bars.

Parameter	Value	Error
A	-29,07812	2,6266
B1	9,50417	0
B2	-0,88792	0
B3	0,03183	0
B4	-3,58333E-4	0

R-Square(COD)	SD	N	P
1	0	5	<0.0001

c. Lama waktu elektrolisis 50 menit

```
Polynomial Regression for Data1_F:
Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3
Weight given by Data1_J error bars.
```

Parameter	Value	Error
A	16,07411	1,18749
B1	-3,98065	0,21359
B2	0,27732	0,00997
B3	-0,00392	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,9849	10,27897	5	0,15607

d. Lama waktu elektrolisis 70 menit

```
Polynomial Regression for Data1_K:
Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3
Weight given by Data1_L error bars.
```

Parameter	Value	Error
A	8,19643	1,18749
B1	-2,23929	0,21359
B2	0,20929	0,00997
B3	-0,003	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99946	2,39046	5	0,02949

e. Lama waktu elektrolisis 90 menit

```
Polynomial Regression for Data1_G:
Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3
Weight given by Data1_H error bars.
```

Parameter	Value	Error
A	9,38571	1,18749
B1	-2,36548	0,21359
B2	0,23714	0,00997
B3	-0,00367	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99997	0,47809	5	0,00639

f. Lama waktu elektrolisis 110 menit

Polynomial Regression For Data1_I:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_M error bars.

Parameter	Value	Error
A	10,87232	1,18749
B1	-2,24196	0,21359
B2	0,24196	0,00997
B3	-0,00375	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99854	4,06378	5	0,04866

g. Lama waktu elektrolisis 130 menit

Polynomial Regression For Data1_N:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_O error bars.

Parameter	Value	Error
A	13,82232	1,18749
B1	-2,73363	0,21359
B2	0,27196	0,00997
B3	-0,00408	1,31762E-4

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99632	7,41042	5	0,07719

h. Lama waktu elektrolisis 150 menit

Polynomial Regression For Data1_P:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$

Parameter	Value	Error
A	11,10893	9,08369
B1	-1,44345	1,63385
B2	0,19679	0,07628
B3	-0,00283	0,00101

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99686	3,82473	5	0,07131

4. Data Fitting Grafik Hubungan Lama Waktu Elektrolisis dengan Konduktivitas Listrik (EC)

a. Voltase 5 V

Polynomial Regression for Data1_B:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_C error bars.

Parameter	Value	Error
A	-0,43398	0,77799
B1	0,02883	0,04281
B2	8,65801E-5	6,22967E-4
B3	6,31313E-7	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,9808	1,05066	8	6,86631E-4

b. Voltase 15 V

Polynomial Regression for Data1_D:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_E error bars.

Parameter	Value	Error
A	-1,80452	0,77799
B1	0,16132	0,04281
B2	5,77652E-4	6,22967E-4
B3	-2,84091E-6	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99646	1,45867	8	<0.0001

c. Voltase 25 V

Polynomial Regression for Data1_F:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
 Weight given by Data1_G error bars.

Parameter	Value	Error
A	-5,03477	0,77799
B1	0,68223	0,04281
B2	-0,00147	6,22967E-4
B3	-4,10354E-6	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99076	4,58612	8	1,595E-4

d. Voltase 35 V

Polynomial Regression for Data1_H:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
Weight given by Data1_I error bars.

Parameter	Value	Error
A	-6,30979	0,77799
B1	1,92601	0,04281
B2	-0,01864	6,22967E-4
B3	6,56566E-5	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,97193	10,38668	8	0,00146

e. Voltase 45 V

Polynomial Regression for Data1_J:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3$
Weight given by Data1_K error bars.

Parameter	Value	Error
A	-12,46361	0,77799
B1	2,06022	0,04281
B2	-0,02273	6,22967E-4
B3	8,93308E-5	2,56441E-6

R-Square(COD)	SD	N	P
0,97777	9,57777	8	9,19546E-4

5. Data Fitting Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis dengan Diameter Zona Bening pada Jamur *Candida albicans*

a. Pengukuran pada jam ke- 28

Polynomial Regression for Data1_B:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2$
Weight given by Data1_E error bars.

Parameter	Value	Error
A	5,41821	0,48367
B1	0,44996	0,08377
B2	-0,00846	0,00314

R-Square(COD)	SD	N	P
0,97312	1,48385	5	0,02688

b. Pengukuran pada jam ke- 48

```
Polynomial Regression for Data1_C:
Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3 + B4*X^4
Weight given by Data1_F error bars.
```

Parameter	Value	Error
A	21,7	2,90904
B1	-5,88367	0
B2	0,77843	0
B3	-0,03921	0
B4	6,70667E-4	0

R-Square(COD)	SD	N	P
1	0	5	<0.0001

c. Pengukuran pada jam ke- 87

```
Polynomial Regression for Data1_D:
Y = A + B1*X + B2*X^2
Weight given by Data1_G error bars.
```

Parameter	Value	Error
A	8,21875	0,21049
B1	-0,28866	0,03363
B2	0,01407	0,0011

R-Square(COD)	SD	N	P
0,99984	0,23248	5	1,55624E-4

6. Data Fitting Grafik Hubungan Waktu Inkubasi dengan Diameter Zona Bening pada Jamur *Candida albicans*

a. Konsentrasi 5 ppm

```
Polynomial Regression for Data2_B:
Y = A + B1*X + B2*X^2
Weight given by Data2_C error bars.
```

Parameter	Value	Error
A	8,02758	0,74265
B1	-0,02283	0
B2	1,42547E-4	0

R-Square(COD)	SD	N	P
1	0	3	<0.0001

b. Konsentrasi 10 ppm

```
Polynomial Regression for Data2_D:  
Y = A + B1*X + B2*X^2  
Weight given by Data2_E error bars.
```

Parameter	Value	Error
A	9,12256	1,23248
B1	-0,00931	0
B2	-2,06432E-4	0

R-Square(COD)	SD	N	P
1	0	3	<0.0001

c. Konsentrasi 15 ppm

```
Polynomial Regression for Data2_F:  
Y = A + B1*X + B2*X^2  
Weight given by Data2_G error bars.
```

Parameter	Value	Error
A	9,39259	0,95119
B1	0,07137	0
B2	-0,00114	0

R-Square(COD)	SD	N	P
1	0	3	<0.0001

d. Konsentrasi 20 ppm

```
Polynomial Regression for Data2_H:  
Y = A + B1*X + B2*X^2  
Weight given by Data2_I error bars.
```

Parameter	Value	Error
A	14,47306	1,10792
B1	-0,16377	0
B2	0,00104	0

R-Square(COD)	SD	N	P
1	0	3	<0.0001

e. Konsentrasi 25 ppm

Polynomial Regression for Data2_J:
 $Y = A + B1*X + B2*X^2$
Weight given by Data2_K error bars.

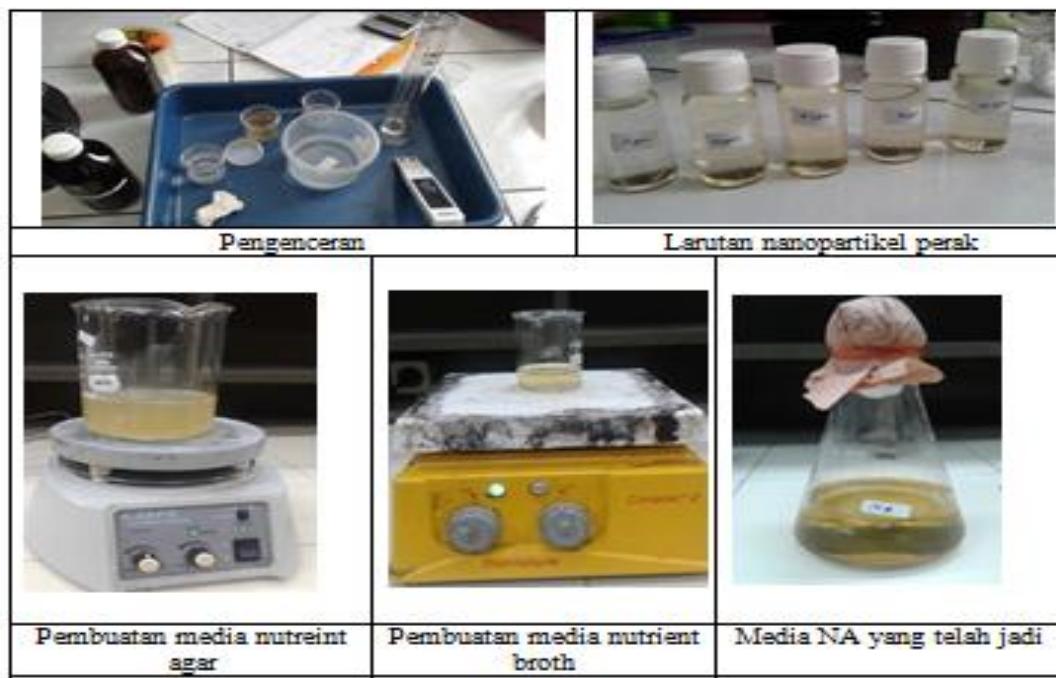
Parameter	Value	Error
A	14,29632	2,00308
B1	-0,11747	0
B2	7,56193E-4	0

R-Square(COD)	SD	N	P
1	0	3	<0.0001

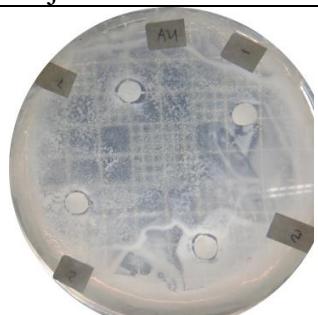
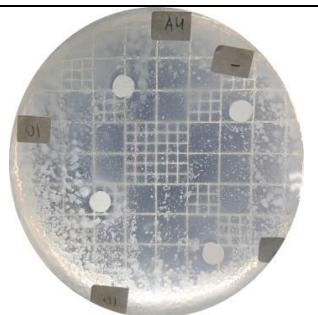
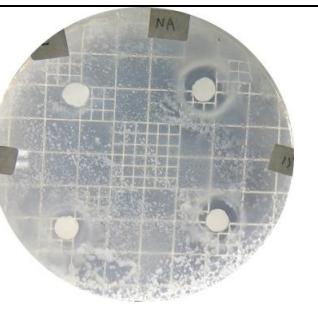
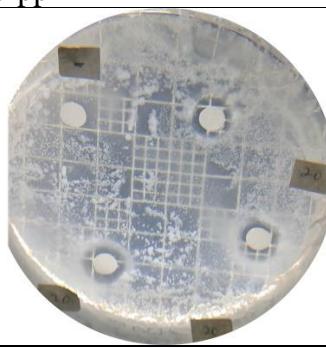
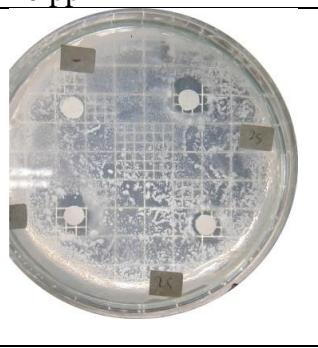
Lampiran 6. Dokumentasi

		
Power supply	Pengukuran dengan TDS meter	Proses elektrolisis
		
TDS & EC meter	Logam perak	

			
Bubuk Nutrient Agar	Bubuk Nutrient Broth	Cawan petri	Tabung erlenmeyer
			
Kapas	Pinset	Alkohol 70%	Kertas Pavune



		
Media dan alat-alat dibungkus dengan kertas payung sebelum di autoclaf	Media dan alat-alat dimasukkan ke autoclaf	Penuangan media dilakukan di dalam <i>laminar air flow</i>
		
NB berisi biakan jamur dihomogenkan dengan <i>shaker</i>	Penempelan kertas saring ke media yang sudah ditumbuhi jamur	

Sampel Uji Kepakaan Larutan Nanopartikel Perak Hasil Elektrolisis		
28 jam		
		
5 ppm	10 ppm	15 ppm
		
20 ppm	25 ppm	
48 jam		

