

**STUDI OBSERVASI TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN  
AKI MAINTENANCE FREE BEKAS SETELAH DITAMBAH  
NANOPARTIKEL PERAK DALAM BENTUK LARUTAN AGNO<sub>3</sub>**

**SKRIPSI**

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



**Disusun oleh  
RIKSA GINANJAR  
11306144042**

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

**STUDI OBSERVASI TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS  
KELUARAN AKI *Maintenance Free* BEKAS SETELAH  
DITAMBAH NANOPARTIKEL PERAK DALAM BENTUK  
LARUTAN AGNO<sub>3</sub>**

Oleh:  
Riksa Ginanjar  
11306144042

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk i) mengetahui pola tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup, ii) mengetahui pola arus keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup.

Penelitian ini dimulai dengan membuat nanopartikel perak dalam bentuk larutan AgNO<sub>3</sub> 3 mM untuk setiap penelitian yang dilakukan. Selanjutnya, menguji karakteristik absorbansi larutan nanopartikel perak dengan uji Spektrofotometer UV-Vis. Kemudian, 3 mL larutan nanopartikel perak dengan nilai absorbansi 3,187 ditambahkan ke dalam aki *maintenance free* bekas. Pengukuran tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas dilakukan selama 240 menit dengan pemakaian 2 lampu LED. Data hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik yang selanjutnya dianalisis menggunakan *fitting* Origin untuk dicari fungsi dari tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas tersebut.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, pola tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM berbentuk fungsi polinomial orde 3. Fungsi karakteristik tegangan keluaran minggu 1:  $y = 8,507 + 0,0021x + (1,01E - 05)x^2 + (-2,1E - 08)x^3$ , minggu 2:  $y = 8,694 - 0,0013x + (5,6E - 06)x^2 + (-1,8E - 08)x^3$ , minggu 3:  $y = 8,746 - 0,0019x + (4,3E - 06)x^2 + (-4E - 09)x^3$ , minggu 4:  $y = 9,015 - 0,0018x + (5E - 06)x^2 + (-1,1E - 08)x^3$ . Fungsi karakteristik arus keluaran minggu 1:  $y = 2,5006 + (-9,8E - 04)x + (5,1E - 06)x^2 + (-1,1E - 08)x^3$ , minggu 2:  $y = 2,5422 + (-3,7E - 04)x + (1,5E - 06)x^2 + (-7E - 09)x^3$ , minggu 3:  $y = 2,537 + (-1,7E - 03)x + (1,4E - 05)x^2 + (-4,0E - 08)x^3$ , minggu 4:  $y = 2,657 - 0,0010x + (7,1E - 06)x^2 + (-2,2E - 08)x^3$ .

**Kata kunci:** *nano, nanopartikel perak, aki maintenance free bekas, pengaruh nanopartikel perak terhadap tegangan dan arus keluaran aki maintenance free bekas*

**AN OBSERVATION STUDY FOR THE OUTPUT VOLTAGE AND  
ELECTRIC CURRENT IN THE USED MAINTENANCE FREE  
ACCUMULATOR AFTER ADD BY SILVER NANOPARTICLES  
IN AGNO<sub>3</sub> SOLUTION**

By:  
Riksa Ginanjar  
11306144042

**ABSTRACT**

*This study aims to i) find out the pattern of the output voltage in the used maintenance free accumulator which is added by silver nanoparticles in a closed circuit, ii) find out the output electric current pattern of the maintenance free accumulator which is added by silver nanoparticles in a closed circuit.*

*This study began by making silver nanoparticles in the form of 3 mM AgNO<sub>3</sub> solution for each study. Next, testing the absorbance characteristics of silver nanoparticles solution by UV-Vis Spectrophotometer. Then, 3 mL of silver nanoparticle solution with an absorbance value of 3.187 was added to the used maintenance free accumulator. Measurement of the output voltage and electric current of the used maintenance free accumulator is carried out for 240 minutes with the use of 2 LED lights. The results of this research are presented in graphical form which is then analyzed using Origin fitting to find the function of the output voltage and electric current of the free maintenance free accumulator.*

*Based on the results obtained, the output voltage and current pattern of maintenance free batteries plus 3 mM silver nanoparticles are in the form of an order polynomial function 3. The output voltage characteristic function is week 1:  $y = 8.507 + 0.0021x + (1.01E - 05)x^2 + (-2.1E - 08)x^3$ , week 2:  $y = 8.694 - 0.0013x + (5.6E - 06)x^2 + (-1.8E - 08)x^3$ , week 3:  $y = 8.746 - 0.0019x + (4.3E - 06)x^2 + (-4E - 09)x^3$ , week 4:  $y = 9.015 - 0.0018x + (5E - 06)x^2 + (-1.1E - 08)x^3$ . The output electric current characteristic function is week 1:  $y = 2.5006 + (-9.8E - 04)x + (5.1E - 06)x^2 + (-1.1E - 08)x^3$ , week 2:  $y = 2.5422 + (-3.7E - 04)x + (1.5E - 06)x^2 + (-7E - 09)x^3$ , week 3:  $y = 2.537 + (-1.7E - 03)x + (1.4E - 05)x^2 + (-4.0E - 08)x^3$ , week 4:  $y = 2.657 - 0.0010x + (7.1E - 06)x^2 + (-2.2E - 08)x^3$ .*

**Keywords:** *nano, silver nanoparticles, used maintenance free accumulator, the effect of nanosilver toward the output voltage and electric current*

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Riksa Ginanjar

NIM : 11306144042

Jurusan/Prodi : Pendidikan Fisika/Fisika

Fakultas : MIPA

Judul TAS : Studi Observasi terhadap Tegangan dan Arus Keluaran  
Aki *Maintenance Free* Bekas Setelah Ditambah  
Nanopartikel Perak dalam Bentuk Larutan AgNO<sub>3</sub>

Dengan ini 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 ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 27 Juli 2018

Yang menyatakan,



Riksa Ginanjar

NIM. 11306144042

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

STUDI OBSERVASI TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS  
KELUARAN AKI *MAINTENANCE FREE* BEKAS SETELAH  
DITAMBAH NANOPARTIKEL PERAK DALAM BENTUK

LARUTAN AGNO<sub>3</sub>



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

Yogyakarta, 27 Juli 2018

Mengetahui,  
Ketua Program Studi

Drs. Nur Kadarisman, M.Si.  
NIP. 19640205199101 1 001

Disetujui,  
Dosen Pembimbing

W.S. Brams Dwandaru, Ph.D.  
NIP. 19800129200501 1 003

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

### STUDI OBSERVASI TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN AKI MAINTENANCE FREE BEKAS SETELAH DITAMBAH NANOPARTIKEL PERAK DALAM BENTUK LARUTAN AGNO<sub>3</sub>

Disusun Oleh:  
Riksa Ginanjar  
NIM. 11306144042

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

Pada tanggal 6 Agustus 2018

#### DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
W.S. Brams D, Ph.D. NIP. 198001292005011003	Ketua Pengaji		16/8 2018
Sumarna, M. Si., M. Eng. NIP. 196103081991011001	Pengaji Utama		16/8 2018
Dr. Kuncoro A. N., M. Sc. NIP. 197706152002121003	Pengaji Pendamping		16/8 2018

Yogyakarta, 6 Agustus 2018  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta  
Dekan,



Dr. Hartono, M.Si  
NIP. 19620329 198702 1 002

## MOTTO

*“Dan bersegeralah kamu kepada ampunan dari Tuhanmu dan kepada surga yang luasnya seluas langit dan bumi yang disediakan untuk orang-orang yang bertakwa.”*

- QS. Ali Imran [3] ayat 133 -

*“Bersemangatlah kamu terhadap hal-hal yang bermanfaat bagimu, mintalah pertolongan kepada Allah dan jangan lemah.”*

- HR. Muslim -

*“Mintalah ampunan kepada Allah atas apa yang telah kamu lakukan, bersabarlah untuk apa-apa yang sedang akan kamu lakukan dan senantiasalah bersyukur.”*

- Ibnu Wasirin as-Salemy -

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Karya sederhana ini saya persembahkan kepada:*

*Keluargaku tercinta*

*Abi (Ayahku) Wasirin, Mimih (Ibuku) Kurniasih rahimahaallah,*

*Dan adikku tersayang Syeikhrijal Riyadh al-Qorni.*

*Tak luput teman satu tim,*

*teman-teman yang telah mendukung terselesaikannya tugas akhir ini yang tak  
dapat disebut satu persatu.*

*Dan,*

*yang selalu menasehatiku dan mengajariku perihal kehidupan ini*

*Pamanku tercinta Hadi Waluyo, S.T.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas nikmat yang senantiasa Allah *ta’ala* berikan sehingga penelitian yang berjudul “**STUDI OBSERVASI TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN AKI MAINTENANCE FREE BEKAS SETELAH DITAMBAH NANOPARTIKEL PERAK DALAM BENTUK LARUTAN AGNO<sub>3</sub>**” dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Dr. Hartono, selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si, selaku Ketua Juridik Pendidikan Fisika FMIPA UNY.
3. Drs. Nur Kadarisman, M.Si, selaku Ketua Prodi Fisika FMIPA UNY.
4. W.S Brams Dwandaru, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing dan Penasehat Akademik yang telah rela meluangkan waktu di sela-sela kesibukan dan memberikan bimbingan selama penelitian berlangsung hingga terselesaikannya naskah skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Terimakasih untuk waktu dan semangat yang diberikan dan terimakasih pula untuk semua motivasi dan arahan selama menjadi mahasiswa Universitas Negeri Yogyakarta .

5. Semua Dosen Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah banyak memberi ilmunya kepada kami selama kami menuntut ilmu.
6. Haris Murtanto, selaku petugas laboratorium Fisika Koloid Jurusan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah bersedia menyediakan tempat dan alat selama penelitian berlangsung.

Penulis menyadari dalam penyusunan naskah Skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharap saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak untuk penyempurnaan yang lebih lanjut.

Semoga naskah Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya, dan dapat menambah wawasan pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, Juli 2018

Penulis,

Riksa Ginanjar

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK .....	ii
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
MOTTO .....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah .....	7
E. Tujuan Penelitian .....	8
F. Manfaat Penelitian .....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
A. Nanosains dan Nanoteknologi .....	9
1. Aplikasi Nanopartikel pada Cat.....	12
2. Aplikasi Nanopartikel pada Kabel Mikro.....	13
3. Aplikasi Nanopartikel pada Perawatan Medis .....	14
B. Nanopartikel perak ( <i>Nanosilver</i> ) .....	15
C. Pembuatan Nanopartikel Perak .....	17
D. Aki (accumulator) .....	18
E. Larutan elektrolit H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ( <i>sulfuric acid</i> ) .....	22
1. Tahap 1 : Pembuatan <i>sulfure dioxide</i> .....	22
2. Tahap 2: Pembuatan <i>sulfure trioxide</i> .....	22

3. Tahap 3: Penyerapan SO <sub>3</sub> dalam bentuk asam sulfat .....	22
F. Spektrofotometer UV-Vis .....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
B. Variabel Penelitian .....	27
1. Variabel Bebas .....	27
2. Variabel Tergayut (Terikat).....	27
3. Variabel Kontrol .....	28
C. Jenis Penelitian.....	28
D. Alat dan Bahan.....	28
1. Alat-alat Penelitian .....	28
2. Bahan-bahan Penelitian .....	29
3. Skema Alat Penelitian .....	30
E. Langkah Kerja.....	31
1. Tahap Pembuatan Larutan AgNO <sub>3</sub> 3mM.....	31
2. Tahap Pembuatan Larutan Na <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> ( <i>trisodium citrate</i> ) 1% .....	32
3. Tahap Sintesis Nanopartikel Perak.....	32
4. Tahap Uji UV-Vis .....	33
5. Penambahan Nanopartikel Perak ke dalam Aki <i>Maintenance Free</i> .....	34
6. Pengukuran Tegangan dan Arus Keluaran .....	34
F. Teknik Analisis Data.....	34
1. Uji UV-Vis Nanopartikel Perak .....	34
2. Uji secara Grafik Tegangan dan Arus Keluaran Aki.....	35
G. Kerangka Berpikir.....	35
H. Diagram Alir .....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	39
A. Sintesis Nanopartikel Perak .....	39
B. Hasil Uji UV-Vis .....	40
C. Hasil Keluaran Tegangan Aki <i>Maintenance Free</i> Bekas dengan Penambahan Nanopartikel Perak pada Rangkaian Tertutup.....	44
D. Hasil Keluaran Arus Aki <i>Maintenance free</i> Bekas dengan Penambahan Nanopartikel Perak dengan Penambahan Nanopartikel Perak pada Rangkaian Tertutup .....	54
BAB V PENUTUP.....	64
A. KESIMPULAN .....	64

B. SARAN .....	65
DAFTAR PUSTAKA .....	66
LAMPIRAN .....	68

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Jenis aki untuk sepeda motor: (a) aki basah dan (b) aki <i>maintenance free</i> atau aki MF ( <i>maintenance free</i> ) .....	3
<b>Gambar 2.</b> Berbagai obyek alam dan gejala alam yang memiliki ukuran (a) bola berukuran 22 cm, (b) kutu berukuran 1 mm, (c) rambut manusia berukuran 80 $\mu\text{m}$ , (d) sel darah merah berukuran 7 $\mu\text{m}$ , (e) virus Icosahedral berukuran 150 nm, (f) protein DNA berukuran 2 nm, (g) Karbon 60 berukuran 0,7 nm. ....	9
<b>Gambar 3.</b> Foto mobil yang mengaplikasikan nanopartikel Au pada warna red pearl mica.....	13
<b>Gambar 4.</b> Nanpartikel Au yang diaplikasikan dalam sel a) Nanopartikel Au yang tersebar pada sel yang sehat, b) Nanopartikel terkonsentrasi pada sel kanker.....	15
<b>Gambar 5.</b> Sifat optis bahan nano bergantung pada ukuran partikelnya. Semakin besar ukuran partikel maka emisi hasil uji UV akan bergeser ke arah warna merah (panjang gelombang makin besar). .....	16
<b>Gambar 6.</b> Gambar Perakitan Aki <i>Maintenance free</i> (Vutetukis, 2001). ....	21
<b>Gambar 7.</b> Asam sulfat harus ditambahkan ke dalam air, bukan sebaliknya. ....	23
<b>Gambar 8.</b> (a) Spektrofotometer UV-Vis, (b) Diagram skematis alat Spektrofotometer UV-Vis. ....	25
<b>Gambar 9.</b> Skema pengukuran dengan lampu 2 LED. ....	30
<b>Gambar 10.</b> (a) Sintesis nanopartikel perak pada saat di dalam air mendidih, (b) Perubahan warna perak nitrat menjadi kekuning-kuningan.....	33
<b>Gambar 11.</b> Nanopartikel 3 mM yang telah disintesis berwarna kuning kecoklatan .....	40
<b>Gambar 12.</b> Grafik hasil uji UV-Vis larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM: (a) hasil sintesis hari ke-1, (b) hasil sintesis hari ke-2, dan (c) hasil sintesis hari ke-3. ....	42
<b>Gambar 13.</b> Grafik <i>fitting</i> tegangan keluaran minggu 1 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.....	46
<b>Gambar 14.</b> Grafik <i>fitting</i> tegangan keluaran minggu 2 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.....	48
<b>Gambar 15.</b> Grafik <i>fitting</i> tegangan keluaran minggu 3 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.....	50
<b>Gambar 16.</b> Grafik <i>fitting</i> tegangan keluaran minggu 4 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.....	52

<b>Gambar 17.</b> Grafik <i>fitting</i> arus keluaran minggu 1 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.	56
<b>Gambar 18.</b> Grafik <i>fitting</i> arus keluaran minggu 2 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.	58
<b>Gambar 19.</b> Grafik <i>fitting</i> arus keluaran minggu 3 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.	60
<b>Gambar 20.</b> Grafik <i>fitting</i> arus keluaran minggu 4 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.	62

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Definisi nanopartikel dan nanomaterial menurut beberapa organisasi dunia. (Serpone dan Horikoshi, 2013) .....	11
<b>Tabel 2.</b> Hubungan antara warna dengan panjang gelombang sinar tampak (Gaffet, 2004) .....	24
<b>Tabel 3.</b> Perbandingan ukuran partikel terhadap panjang gelombang partikel (Chamberlin, 2008) .....	26
<b>Tabel 4.</b> Panjang gelombang puncak pada absorbansi maksimum dan nilai absorbansi nanopartikel perak.....	43
<b>Tabel 5.</b> Data hasil analisis <i>fitting Origin</i> fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 1 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM .....	47
<b>Tabel 6.</b> Data hasil analisis <i>fitting Origin</i> fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 2 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM .....	49
<b>Tabel 7.</b> Data hasil analisis <i>fitting Origin</i> fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 3 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM .....	51
<b>Tabel 8.</b> Data hasil analisis <i>fitting Origin</i> fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 4 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM .....	53
<b>Tabel 9.</b> Data hasil analisis <i>fitting Origin</i> fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 1 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM .....	57
<b>Tabel 10.</b> Data hasil analisis <i>fitting Origin</i> fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 2 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM .....	59
<b>Tabel 11.</b> Data hasil analisis <i>fitting Origin</i> fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 3 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM .....	61
<b>Tabel 12.</b> Data hasil analisis <i>fitting Origin</i> fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 4 pada aki <i>maintenance free</i> bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM .....	63

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran 1.</b> Perhitungan massa serbuk AgNO <sub>3</sub> untuk membuat larutan AgNO <sub>3</sub> 3 mM.....	68
<b>Lampiran 2.</b> Perhitungan pembuatan larutan Na <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> 1% .....	69
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Uji UV-Vis Larutan Nanopartikel 3 mM .....	70

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

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

Energi dalam ilmu Fisika adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Energi dapat berbentuk potensial, kinetik, termal, listrik, kimia, nuklir atau berbagai bentuk lainnya. Berbagai bentuk energi ini dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Cahaya merupakan suatu paket energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Benda-benda yang bergerak memiliki energi kinetik. Energi dapat berubah bentuk dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya. Berdasarkan hukum kekekalan energi, total energi dalam suatu sistem selalu tetap. Panas muncul ketika terjadi perubahan bentuk energi dalam suatu sistem. Namun demikian, konsep energi diharapkan memiliki efisiensi yang baik, sehingga energi tak banyak terbuang dalam bentuk panas.

Energi di awal abad 21 ini merupakan kebutuhan primer dan aspek mendasar bagi kehidupan manusia. Salah satu bentuk energi yang sangat esensial untuk berbagai aktivitas manusia adalah energi listrik. Energi listrik ini bisa diperoleh dari pembangkit listrik tenaga angin, tenaga nuklir, dan pembakaran batu bara. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, kebutuhan terhadap energi pun semakin meningkat. Dewasa ini, sebagian besar energi diperoleh dari sumber energi yang tidak dapat terbarukan seperti batu bara, minyak bumi, gas alam dan sebagainya. Padahal, energi yang tidak dapat terbarukan persediannya semakin hari

semakin langka dan menipis. Jika permasalahan ini tidak dapat segera diatasi, maka terjadinya krisis energi tidak dapat dihindari lagi.

Hal ini yang kemudian mendorong manusia untuk berusaha menemukan sumber energi alternatif demi kelangsungan hidup peradaban umat manusia. Berbagai macam penelitian dilakukan untuk menemukan sumber energi terbarukan yang memiliki daya guna yang baik dan bermanfaat, baik dari segi ekonomi maupun segi lingkungan. Salah satu sumber energi yang banyak digunakan hingga saat ini adalah akumulator atau aki. Aki merupakan suatu alat dimana energi listrik diubah menjadi energi kimia (mengisi) dan energi kimia ini nanti diubah lagi menjadi energi listrik. Kegunaan aki yang terpenting adalah untuk menghidupkan mesin pada sepeda motor dan mobil. Jika ditinjau dari larutan elektrolitnya, aki dibedakan menjadi dua, yaitu aki asam (aki timah) dan aki alkalin (aki NiCd) (Krar, 2000).

Aki merupakan komponen penting dalam sistem kelistrikan kendaraan bermotor. Ada dua jenis aki yang digunakan masyarakat untuk kendaraan bermotorunya yaitu aki basah dan aki *maintenance free*. Aki basah memiliki cairan elektrolit yang berada di dalamnya. Cairan tersebut terdiri dari campuran air dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang masyarakat secara umum mengenalnya sebagai air aki atau *accu zuur*. Fungsi utama dari *accu zuur* ini adalah merendam sel-sel pada aki

basah. Jika volume air aki kurang dari batas minimal maka sel-sel aki akan teroksidasi dan berkarat (Treptow, 2002).



**Gambar 1.** Jenis aki untuk sepeda motor: (a) aki basah dan (b) aki *maintenance free* atau aki MF (*maintenance free*)

Aki *maintenance free* merupakan model pengembangan dari aki basah. Di masyarakat aki *maintenance free* biasa disebut aki MF (*maintenance free*) yang artinya bebas perawatan karena dalam masa pemakaian aki MF tidak perlu mengisi ulang air aki seperti pada aki basah. Namun, pada jangka waktu tertentu penggunaan aki *maintenance free* akan mengalami *drop voltage* akibat dari berkurangnya larutan asam sulfat (*sulfure acid*) di dalam setiap selnya. Kenyataan di masyarakat menunjukkan bahwa aki *maintenance free* biasanya digunakan hanya sekali dalam penggunaannya. Seiring perkembangan teknologi, aki *maintenance free* mampu di-*charge* ulang dan dapat digunakan kembali.

Pada saat ini, salah satu ilmu pengetahuan yang sedang berkembang di dunia adalah nanosains dan nanoteknologi. Nanosains merupakan usaha peneliti untuk mempelajari tentang sifat kimia dan sifat fisika suatu bahan pada skala 1-100 nanometer (nm) yang disebut struktur nano. Obyek tersebut dapat dibuat secara sengaja oleh manusia. Sedangkan nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Dalam terminologi ilmiah, nano berarti  $10^{-9}$  (0,000000001). Satu nanometer sama dengan seperseribu mikrometer, atau seper satu juta milimeter, atau seper satu miliar meter (Odom, 2010).

Penelitian tentang nanopartikel sedang berkembang saat ini karena dapat diaplikasikan secara luas baik di bidang pertanian, lingkungan, elektronik, optik, dan sebagainya. Beberapa pengembangan nanoteknologi yang mudah ditemui adalah penerapan nanopartikel perak pada kain katun maupun pada kaos kaki yang dapat mengurangi bau tidak sedap.

Indonesia memiliki peluang yang besar untuk turut bersaing dalam pengembangan nanoteknologi. Melalui nanoteknologi, sumber daya alam yang dimiliki Indonesia dapat lebih dikembangkan dan memiliki nilai tambah. Sifat-sifat yang dimiliki alam dapat diubah sesuai dengan keinginan guna memenuhi persaingan global. Sumber daya alam di Indonesia yang melimpah dan variatif menjadi modal utama dalam pengembangan nanoteknologi saat ini.

Perkembangan ilmu nanopartikel logam dalam beberapa tahun terakhir telah menarik banyak perhatian karena sifat fisika dan sifat kimia yang tidak biasa dan berbeda dari sifat logam pada umumnya. Nanopartikel logam menunjukkan sifat

unik seperti konduktivitas yang baik, stabilitas kimia, aktivitas katalitik, dan lain-lain. Hal tersebut tergantung pada ukuran partikel, distribusi ukuran, dan bentuk partikel (Krause, 2009). Sintesis nanopartikel dengan mengontrol ukuran nanopartikel telah menjadi fokus penelitian yang menarik. Pertumbuhan proses nanokristalin dikendalikan oleh konsentrasi garam perak dan stabilisator (Williams, 2011).

Perak merupakan logam yang umum digunakan karena salah satu sifatnya yang bertoksik rendah. Sifat konduktivitas listriknya yang tinggi. Ion perak bersifat netral dalam air, tahan terhadap asam, garam dan basa lemah. Stabilitas perak juga sangat baik terhadap panas dan cahaya. Perak berukuran nano dalam bentuk koloid dapat digunakan pada tekstil dengan fungsi khusus. Adanya sifat yang menarik inilah yang menginspirasi penelitian ini untuk menambahkan nanopartikel perak ke dalam aki *maintenance free* bekas.

Asam sulfat merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Asam sulfat termasuk dalam golongan elektrolit kuat yang dapat menghantarkan listrik. Inilah salah satu yang menjadi alasan asam sulfat sering digunakan sebagai bahan akumulator (accu/aki) dan baterai. Melalui penelitian ini diharapkan nanopartikel perak dapat menjadi menaikkan besar tegangan keluaran dan memperpanjang daya aktif larutan asam sulfat yang biasa digunakan sebagai bahan utama akumulator (accu/aki) dan baterai.

Salah satu hal yang menarik untuk diteliti dan dikembangkan adalah penambahan nanopartikel perak ke dalam aki *maintenance free* bekas yang berisi larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) tersebut. Seperti yang diketahui, bahwa asam sulfat

biasa digunakan sebagai bahan utama akumulator baik basah maupun *maintenance free*. Dalam hal ini, dilakukan observasi pada aki *maintenance free* bekas setelah penambahan nanopartikel perak 3 mM.

## B. Identifikasi Masalah

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

1. Pendayagunaan aki *maintenance free* bekas yang belum banyak dilakukan masyarakat sebagai upaya untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik.
2. Perlunya peningkatan kinerja aki *maintenance free* bekas yang mampu menghasilkan energi listrik melalui reaksi kimia dengan lebih baik, besar tegangan keluarannya mendekati tegangan aki baru sebesar 12,36 volt.
3. Informasi tentang kegunaan larutan nanopartikel perak yang dapat menaikkan besar tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas masih terbatas.
4. Informasi tentang pengaruh penambahan larutan nanopartikel perak terhadap tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas masih terbatas.

### **C. Batasan Masalah**

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

1. Penelitian ini menggunakan aki *maintenance free* bekas yang telah di-*charge* sampai tegangan maksimal yaitu 12,36 volt dengan tujuan dapat membandingkan kinerja akumulator akibat perlakuan yang diberikan.
2. Penambahan nanopartikel perak dalam bentuk larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan konsentrasi 3 mM dan volume 3 mL.
3. Dari penambahan larutan nanopartikel perak dalam bentuk  $\text{AgNO}_3$  hanya diamati perubahan tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas selama 240 menit.
4. Pengukuran tegangan dan arus pada rangkaian dengan beban 2 lampu LED.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pola tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup?
2. Bagaimanakah pola arus keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup?

## **E. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui pola tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup.
2. Mengetahui pola arus keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup.

## **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

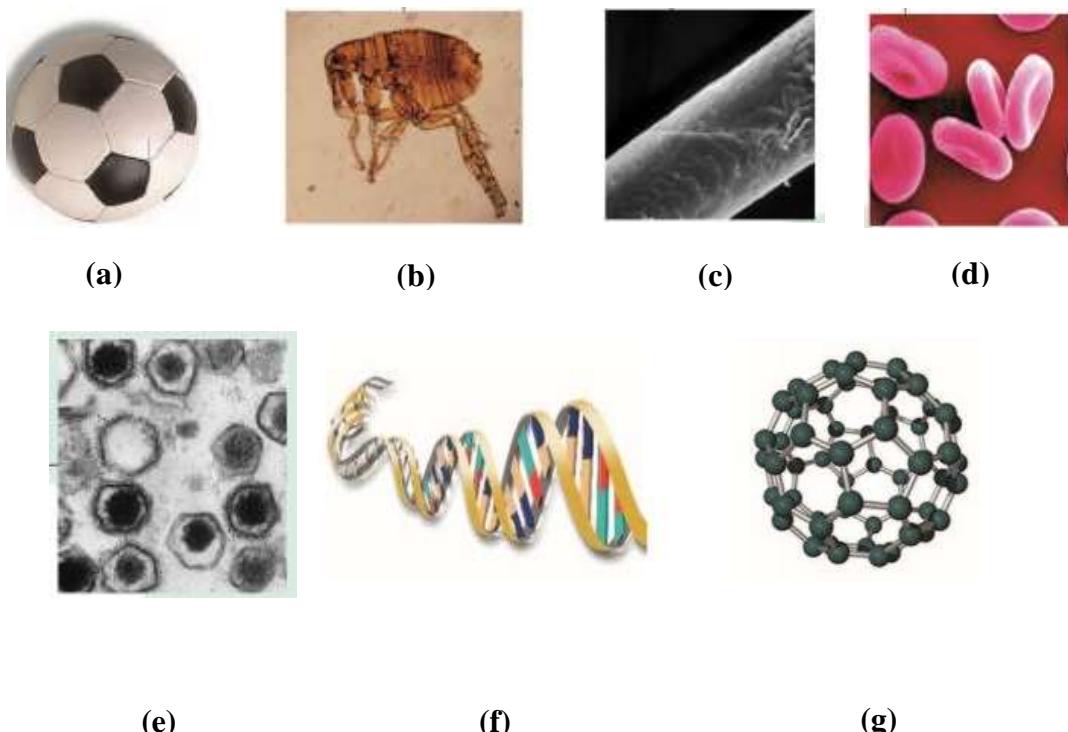
1. Mendapatkan informasi mengenai pengaruh penambahan larutan nanopartikel  $\text{AgNO}_3$  terhadap tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas.
2. Dapat memicu perhatian civitas akademika untuk melakukan penelitian-penelitian lainnya di bidang nanosains dan nanoteknologi.
3. Penelitian ini dapat menjadi sebuah sumber referensi bagi masyarakat untuk menunjukkan aplikasi nanosains dan nanoteknologi dalam kehidupan sehari-hari dan juga sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Nanosains dan Nanoteknologi

Awalan '*nano*' berasal dari kata Yunani untuk kerdil. Satu nanometer (nm) adalah sama dengan satu miliar meter,  $10^{-9}$  m. Sebagai ilustrasi, sebuah rambut manusia memiliki ukuran diameter sekitar 80,000 nm, dan diameter sel darah merah sekitar 7000 nm (Gaffet, 2004:2). Berikut contoh obyek alam maupun gejala alam dalam ukuran centimeter hingga nanometer.



**Gambar 2.** Berbagai obyek alam dan gejala alam yang memiliki ukuran (a) bola berukuran 22 cm, (b) kutu berukuran 1 mm, (c) rambut manusia berukuran 80  $\mu$ m, (d) sel darah merah berukuran 7  $\mu$ m, (e) virus Icosahedral berukuran 150 nm, (f) protein DNA berukuran 2 nm, (g) Karbon 60 berukuran 0,7 nm.

Nanosains adalah studi tentang fenomena dan manipulasi material pada skala atom, molekul, dan makromolekul, dimana secara signifikan memiliki sifat yang berbeda di skala yang lebih besar Sedangkan nanoteknologi adalah ilmu yang berhubungan dengan materi pada skala 1 per miliar meter (yaitu,  $10^{-9}$  m = 1 nm), dan juga studi memanipulasi materi pada skala atom dan molekul (Gaffet, 2004:3-4).

Sebuah nanopartikel merupakan komponen yang paling mendasar dalam pembuatan struktur nano jauh lebih kecil dari dunia benda sehari-hari yang dijelaskan oleh hukum Newton tentang gerak, tetapi lebih besar dari sebuah atom atau molekul sederhana yang diatur oleh mekanika kuantum. Secara umum, ukuran nanopartikel mencakup rentang antara 1 dan 100 nm. Nanopartikel logam memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda dari logam pada bentuk makro (misalnya titik leleh rendah, permukaan area yang lebih spesifik, sifat optik yang lebih spesifik, kekuatan mekanik, dan sifat magnetisasi) (Serpone dan Horikoshi, 2013). Berikut ini kumpulan definisi nanopartikel menurut beberapa organisasi dunia.

**Tabel 1.** Definisi nanopartikel dan nanomaterial menurut beberapa organisasi dunia. (Serpone dan Horikhos, 2013).

Definisi dari sumber	Nanopartikel	Nanomaterial
<b>ISO</b> <i>(International Organization for Standardization)</i>	Diameter partikel antara 1-100 nm	Material yang salah satu sisinya atau struktur internalnya dalam skala nano
<b>ASTM</b> <i>(American Society of Testing and Materials)</i>	Sebuah partikel yang panjangnya dalam 2 atau 3 titik adalah 1-100 nm	Material yang salah satu sisinya atau struktur internalnya dalam skala nano
<b>NIOSH</b> <i>(National Institute of Occupational Safety and Health)</i>	Sebuah partikel dengan diameter antara 1-100 nm, atau cakupan benang fiber berkisar 1-100 nm	Material yang salah satu sisinya atau struktur internalnya dalam skala nano
<b>SCCP</b> <i>(Scientific Committee on Consumer Products)</i>	Pada salah satu sisinya memiliki skala nano	Material yang salah satu sisinya atau struktur internalnya dalam skala nano
<b>BSI</b> <i>(British Standards Institution)</i>	Pada seluruh bidang atau diameter dalam skala nano	Materaal yang salah satu sisinya atau

		struktur internalnya dalam skala nano
--	--	--

Sifat optik adalah salah satu dasar dalam menentukan karakteristik dari suatu nanopartikel. Sebagai contoh, nanopartikel emas dengan ukuran 20 nm memiliki karakteristik warna anggur merah. Dan nanopartikel perak berwarna abu-abu kekuningan. Pada nanopartikel platinum dan palladium berwarna hitam (Serpone dan Horikhos, 2013).

### 1. Aplikasi Nanopartikel pada Cat

Salah satu aspek yang paling menarik dari nanopartikel logam adalah bahwa sifat optik mereka sangat bergantung pada ukuran dan bentuk partikel. Logam Au dalam bentuk makro terlihat kekuningan di cahaya yang dipantulkan, tetapi pada lapisan tipis logam Au terlihat biru dalam transmisi. Karakter warna biru ini berubah secara stabil menjadi jingga melalui gradasi warna ungu dan merah, seiring ukuran partikel berkurang dan mendekati ukuran 3 nm. Nanopartikel menarik perhatian sebagai bahan warna dan kemungkinan penggunaannya telah diujikan dalam berbagai bidang. Gambar 3 menggambarkan foto dari mobil yang menerapkan "*clear colored coating*" mengandung nanopartikel Au pada lapisan dasar yang mengandung warna *red pearl mica*.



**Gambar 3.** Foto mobil yang mengaplikasikan nanopartikel Au pada warna *red pearl mica*.

Penyemprotan dengan lapisan berwarna bening yang berisi nanopartikel meningkatkan kedalaman latar belakang warna merah, dan dikarenakan pelapisan nanopartikel Au ini, pemantulan cahaya hampir tidak terjadi secara difusi. Cat yang mengandung nanopartikel tidak dapat dihapus dengan mudah seperti pada cat non-nanopartikel. Namun, karena biaya yang tinggi, cat dengan nanopartikel hanya digunakan dalam aplikasi terbatas (Serpone dan Horikoshi, 2013).

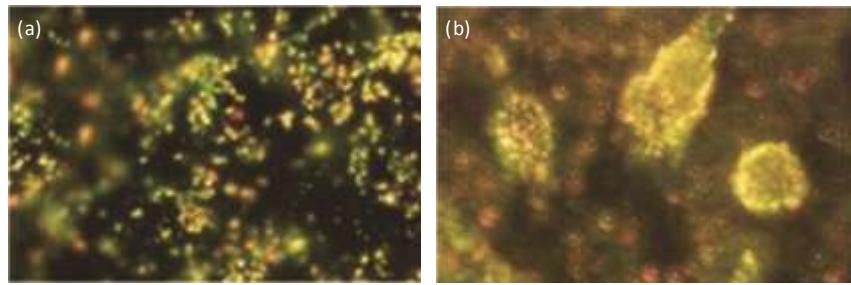
## 2. Aplikasi Nanopartikel pada Kabel Mikro

Logam nanopartikel pasta digunakan untuk pembentukan pola sirkuit dari cetakan papan kabel di industri elektronik. Titik leleh nanopartikel logam relatif lebih rendah terhadap logam berukuran makro. Pembentukan sirkuit mustahil dicapai menggunakan pasta konduksi listrik konvensional pada bahan dasar polimer. Selanjutnya, setiap kali partikel pada skala nano yang digunakan, lebar kabel setingkat nano. Pembentukan kabel nanopartikel dapat menggunakan metode ink-jet, metode yang baik, murah, dan membutuhkan waktu

lebih pendek dari penguapan vakum dan metode *photolithographic* yang biasanya digunakan. Umumnya, Au digunakan untuk membuat pasta logam nanopartikel. Namun karena mahal, substitusi nanopartikel Cu telah diusulkan. Cu nanopartikel cenderung teroksidasi sehingga proses membutuhkan kehadiran antioksidan (Serpone dan Horikhos, 2013).

### **3. Aplikasi Nanopartikel pada Perawatan Medis**

Sama seperti resonansi permukaan plasmon, terlihat dalam nanopartikel logam peningkatan kuantitas nanopartikel menimbulkan intensitas hamburan. Mengambil keuntungan dari hal ini, diharapkan nanopartikel untuk molekul tertentu dalam jaringan tubuh yang hidup dapat diaplikasikan. Misalnya, dengan menutupi permukaan sel kanker dengan nanopartikel menjadi mungkin untuk membedakan sel sehat dari sel kanker dengan adanya antibodi yang bergabung dengan nanopartikel Au. Nanopartikel Au dengan antibodi terdistribusikan ke dalam sel yang sehat dengan baik (Gambar 4a). Ketika ada sel kanker, antibodi dan nanopartikel Au terkonsentrasi lebih banyak pada sel kanker tersebut (Gambar 4b) (Serpone dan Horikhos, 2013).



**Gambar 4.** Nanpartikel Au yang diaplikasikan dalam sel a) Nanopartikel Au yang tersebar pada sel yang sehat, b) Nanopartikel terkonsentrasi pada sel kanker.

#### B. Nanopartikel perak (*Nanosilver*)

Perak (*silver*) merupakan logam yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Pada zaman kuno, perak telah digunakan sebagai pelapis barel untuk pengangkutan minuman anggur di kapal-kapal dagang. Perak memiliki sifat senyawa sebagai anti bakteri. Pada tahun 1848, C.S.F.Greede, seorang dokter asal Jerman telah menggunakan larutan perak nitrat sebagai antibiotik untuk mengatasi infeksi selama Perang Dunia I. Munculnya era antibiotik, popularitas perak sebagai obat anti bakteri secara bertahap menurun. Namun, dalam kemajuan ilmu pengetahuan modern memperkuat peran perak sebagai bahan yang sangat penting dalam berbagai bidang. Di era dunia kedokteran yang modern saat ini, penggunaan nanopartikel perak (*nanosilver*) digunakan untuk penanganan bebagai penyakit yang disebabkan bakteri, jamur, ragi, dan virus dengan konsentrasi dalam satuan ppm yang merupakan batas aman bagi manusia (Pulit, 2013).

Perak (*silver*) adalah logam transisi yang dapat melakukan berbagai proses oksidasi dan dapat mengoksidasi zat lain. Ion perak memiliki karakteristik yang unik, yaitu membawa tegangan elektrostatis yang berasal dari kehilangan elektron valensinya. Seperti yang diketahui, skala nanometer berada dalam dunia mikroskopis dimana perlakunya berbeda dengan dunia makroskopis. Dalam dunia mikroskopis, sifat fisika, kimia, dan bahkan biologi berbeda dengan dunia makroskopis. Sifat optik, listrik, dan magnetik material menjadi unik dalam dunia mikroskopis. Sifat fisis yang menarik dalam dunia mikroskopis salah satunya adalah sifat optis dari material nano. Sifat optis ini bergantung pada ukuran dan bentuk partikelnya. Hal tersebut dapat diamati dari gambar 5 di bawah ini.



**Gambar 5.** Sifat optis bahan nano bergantung pada ukuran partikelnya. Semakin besar ukuran partikel maka emisi hasil uji UV akan bergeser ke arah warna merah (panjang gelombang makin besar).

Era nanoteknologi berkembang pesat. Hal ini ditunjukkan dengan adanya produksi produk-produk yang memakai teknologi nano yang dapat memiliki sifat fisika dan kimia yang berhubungan. Sifat fisika dan kimia yang berhubungan itu seperti ukuran partikel dan konduktivitas termal, nilai

hamburan, stabilitas kimia, aktivitas katalitik, dan perilaku optik. Produk nanoteknologi memiliki nilai potensial yang dapat diaplikasikan dalam tinta, mikroelektronika, dan peralatan medis. Selain itu, nanopartikel perak telah terbukti sebagai bakterisida dan fungisida yang efektif sehingga telah diaplikasikan dalam produk-produk konsumen seperti kantong plastik, sabun, pasta gigi, peralatan makanan dan tekstil. Saat ini, teknologi *nanosilver* telah muncul dalam berbagai proses manufaktur dan produk akhir. *Nanosilver* dapat digunakan dalam bentuk cair, seperti pelapisan (*coating*) atau terkandung dalam sampo cair. Dapat juga muncul tertanam dalam padat seperti polimer atau disisipkan dalam sabun padat. *Nanosilver* juga dapat dimanfaatkan baik dalam industri tekstil dengan memasukkan ke dalam serat-serat kain yang diproduksi. Ion perak tersimpan dan melepaskan ion perak dalam jangka waktu yang panjang sehingga kain dapat terhindar dari bakteri patogen dan jamur (Tian, 2013).

### C. Pembuatan Nanopartikel Perak

Saat ini, banyak metode yang telah dilaporkan untuk sintesis nanopartikel menggunakan cara kimia, fisika, fotokimia, dan biologi. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan dalam pembuatan nanopartikel perak seperti biaya, skalabilitas, ukuran partikel, dan distribusi ukuran. Di antara metode yang ada, metode kimia telah banyak digunakan untuk pembuatan nanopartikel perak. Metode kimia memberikan cara mudah untuk mensintesis nanopartikel perak dalam larutan. Zat-zat lain yang diperlukan

dalam pembuatan nanopartikel perak seperti zat pengikat, stabilisator, *aquades*, zat pereduksi, dan katalis untuk mempercepat reaksi (Tripathi, 2013).

Nanopartikel perak dapat diperoleh dari larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) dengan trisodium sitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) pada suhu air mendidih ( $100^\circ\text{C}$ ). Larutan perak ( $\text{AgNO}_3$ ) dengan konsentrasi 3 mM dipanaskan hingga suhu  $100^\circ\text{C}$ . Trisodium sitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) digunakan sebagai zat pereduksi dan stabilitatornya dengan konsentrasi 1% yang dimasukkan kedalam larutan tetes demi tetes. Dalam larutan yang telah tercampur tersebut terjadi gaya tolak menolak di seluruh permukaan partikel sehingga mencegah terjadinya agregasi. Oleh karena itu, dalam proses ini tidak diperlukan zat stabilitator lagi untuk mencegah agregasi tersebut. Metode ini menghasilkan larutan nanopartikel yang berwarna kekuning-kuningan, dengan sebaran ukuran partikel 15 – 60 nm dengan rata-rata berukuran 40 nm (Zhang, 2012).

#### D. Aki (accumulator)

Sumber aliran listrik yang hingga saat ini masih digunakan dan dipakai untuk segala macam keperluan adalah akumulator. Akumulator itu berasal dari perkataan asing, yaitu: *accumulator* atau *storage battery* (Inggris). Pada umumnya, semua perkataan itu mempunyai suatu arti yang dituju yaitu “*accumulate*” yang berarti menimbun, mengumpulkan, dan menyimpan.

Aki biasanya terdiri dari: Sebuah bak gelas atau ebonit yang di dalamnya terisi oleh cairan asam belerang ( $H_2SO_4$ ) yang sekurang-kurangnya dimasukkan 3 buah plat yang dibuat dari oksida plumbuis (PbO). Di dalam susunan yang terdapat pada gambar 6 bahwa plat yang berada di tengah-tengah separator itu akan menjadi plat positif terbuat dari oksida plumbum (PbO) sedangkan untuk kutub negatif terbuat dari plumbum (Pb). Pada kutub negatif (terbuat dari Pb) di dalam bakinya disambung menjadi satu yang kemudian 2 kutub ini dikeluarkan di atas bak ebonit dimana masing-masing bekerja sebagai kutub positif dan kutub negatif. Jika terdapat lebih dari 3 plat, plat-plat tersebut harus disusun sedemikian rupa sehingga satu plat positif selalu diapit oleh 2 plat negatif, (Krar, 2000).

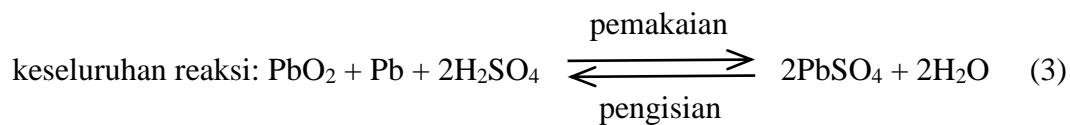
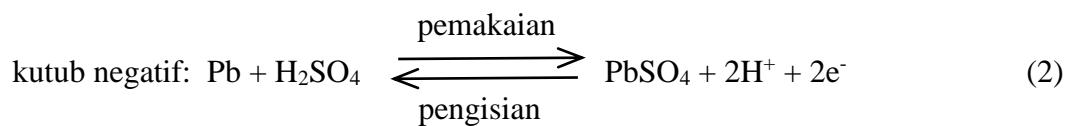
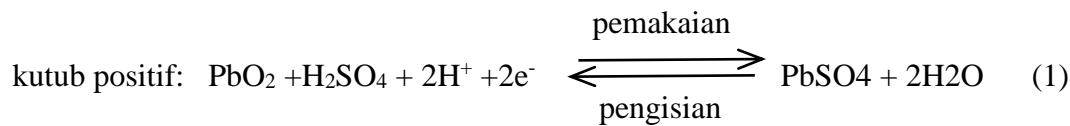
Keadaan akumulator yang belum terisi dengan sejumlah tenaga listrik, adalah seperti berikut, Sebuah baki dari gelas atau ebonit yang di dalamnya diisi sejumlah cairan asam belerang ( $H_2SO_4$ ), ditempatkan paling sedikit 3 buah plat terbuat dari oksida timah (PbO). Plat yang ada di tengah-tengah akan jadi plat positif, sedangkan plat-plat yang ada di samping kanan dan kiri dari plat positif itu, akan jadi plat-plat negatif. Untuk keperluan pengambilan aliran listrik dari akumulator itu, maka plat positif dikeluarkan sehingga menonjol di luar baki dan jadi kutub positif. Sedangkan kedua plat negatif yang ada di dalam baki, disambungkan jadi satu terlebih dahulu. Kemudian plat ditonjolkan keluar dan jadi kutub negatif (Jama dkk, 2008).

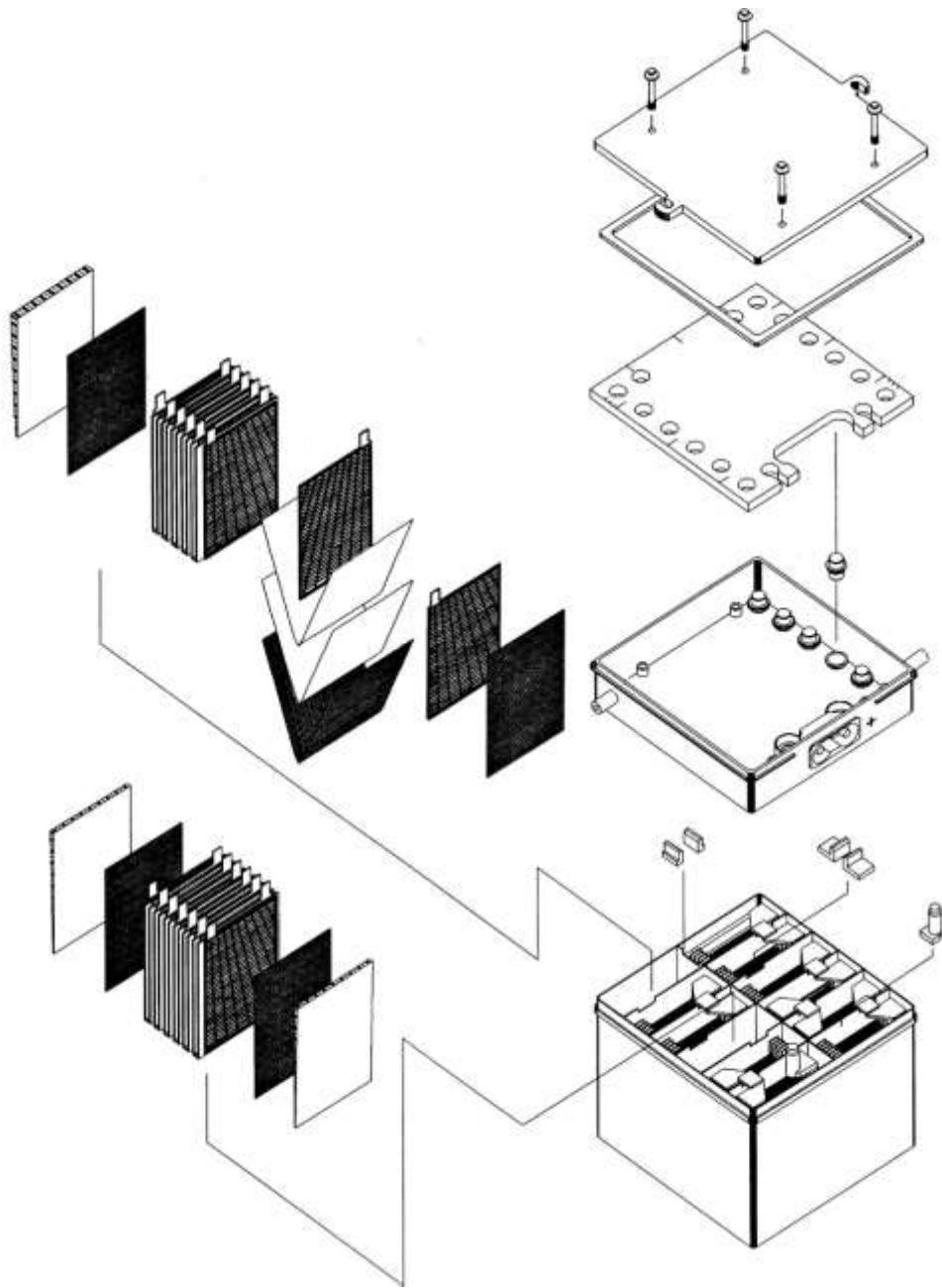
Plat positif selalu diapit oleh plat negatif sebabnya adalah selama terjadi pengisian dan pengosongan menyebabkan plat positif tersebut ingin

membengkok ke arah plat negatif. Untuk menghindarkan kejadian itu, maka plat positif itu selalu diapit oleh 2 plat negatif. Pembengkokan ini disebabkan palt positif berganti-ganti mendapatkan tambahan dan pengurangan molekul-molekul oksigen (O). Bila plat positif ada diantara 2 plat negatif maka penambahan dan pengurangan molekul-molekul oksigen (O) akan terjadi keseimbangan pada kedua sisinya, (Jama dkk, 2008).

Supaya tidak terjadi sambungan singkat antara plat positif dan plat negatif, maka plat-plat di dalam baki harus sedemikian rupa diusahakan agar jangan sampai mengenai dasar baki tersebut (Treptow, 2002).

Berikut persamaan reaksi dalam aki *maintenance free*:





**Gambar 6.** Gambar Perakitan Aki *Maintenance free* (Vutetukis, 2001).

## E. Larutan elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (*sulfuric acid*)

Asam sulfat merupakan salah satu asam mineral (anorganik) yang tergolong asam kuat. Dalam kimia, senyawa ini biasa ditulis dengan rumus H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Asam sulfat murni tidak berwarna, berupa cairan kental yang membeku pada suhu 10,4°C dan mendidih pada suhu 279,6°C. Materi ini bereaksi keras dengan air dan senyawa organik (Aman, 2003).

Dalam memproduksi larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) terdapat 3 tahap dalam pembuatannya, yaitu:

### 1. Tahap 1 : Pembuatan *sulfure dioxide*

Sulfur melalui proses pembakaran dengan oksigen sehingga menghasilkan SO<sub>2</sub>,



### 2. Tahap 2: Pembuatan *sulfure trioxide*

SO<sub>2</sub> dipertemukan dengan oksigen dalam katalis V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang bertekanan sehingga menghasilkan SO<sub>3</sub>,



### 3. Tahap 3: Penyerapan SO<sub>3</sub> dalam bentuk asam sulfat

SO<sub>3</sub> menyerap H<sub>2</sub>O sehingga diperoleh H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,





**Gambar 7.** Asam sulfat harus ditambahkan ke dalam air, bukan sebaliknya.

Jika akan dicampur dengan air, asam sulfat yang harus dituang ke dalam air, bukan sebaliknya (Gambar 7). Hal ini dikarenakan dalam pencampuran akan terjadi panas. Reaksi pelarutan ini sangat eksotermik. Air dapat mendidih dan memercikkan asam apabila air ditambahkan ke dalam asam. Sebab kalor ini ditimbulkan di daerah dimana air yang kurang rapat meneyentuh asam yang lebih rapat secara struktural. Selain itu, asam sulfat memiliki sifat yang sangat korosif dan higroskopis (Friedman, 2000).

## F. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis telah digunakan secara umum selama 35 tahun terakhir dan selama periode ini telah menjadi instrumen analisis yang paling penting di laboratorium modern. Spektrofotometer UV-Vis memiliki berbagai keunggulan seperti fleksibilitas, kecepatan, ketepatan, dan efektivitas biaya. Metode analisis dalam spektrofotometer UV-Vis menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat dan sinar

tampak pada instrument spektrofotometer. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau didefinisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometer adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer.

Spektrofotometer UV-Vis menggunakan dua buah sumber cahaya yang berbeda yaitu sumber cahaya UV dan sumber cahaya tampak (*visible*). Alat ini mengukur absorban atau transmitan suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang dengan rentang 200-900 nm. Metode ini dapat digunakan untuk menganalisis sampel yang berwarna dan untuk sampel yang tidak berwarna. Pada sampel yang berwarna, terdapat panjang gelombang tertentu yang sesuai dengan jenis warna yang diamati.

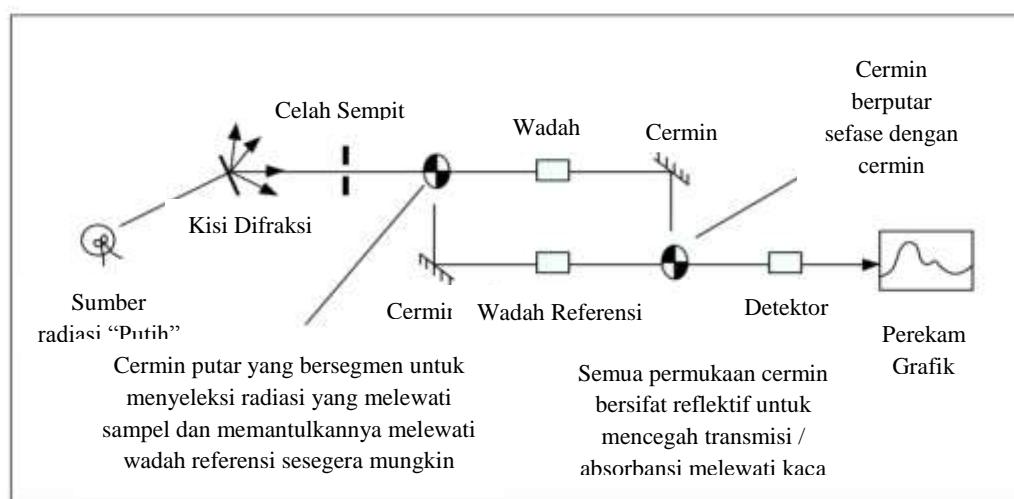
**Tabel 2.** Hubungan antara warna dengan panjang gelombang sinar tampak (Gaffet, 2004).

Panjang gelombang	Warna yang diserap	Warna yang diamati
400-435 nm	Ungu	Hijau kekuningan
450-480 nm	Biru	Kuning
480-490 nm	Biru kehijauan	Orange
490-500 nm	Hijau kebiruan	Merah
500-560 nm	Hijau	Merah anggur
560-580 nm	Hijau kekuningan	Ungu
580-595 nm	Kuning	Biru
595-610 nm	Orange	Biru kekuningan
610-750 nm	Merah	Hijau kebiruan

Dapat dilihat alat UV-Vis dan diagram skematik dari sebuah spektrofotometer UV-Vis pada gambar 8 dibawah ini.



(a)



(b)

**Gambar 8.** (a) Spektrofotometer UV-Vis, (b) Diagram skematik alat Spektrofotometer UV-Vis.

Nilai absorbansi pada hasil spektrofotometer UV-Vis dapat menunjukkan secara kuantitatif jumlah nanopartikel perak yang terbentuk. Sementara itu untuk spektrum absorbansi maksimal (dalam satuan nm) dapat

menunjukkan ukuran dari nanopartikel yang dihasilkan. Dalam hal ini, semakin besar ukuran partikel maka semakin besar pula panjang gelombang yang terserap. Ketika sampel ditembak dengan sumber cahaya dengan panjang gelombang tertentu, maka cahaya yang mengenai sampel akan diserap pada panjang gelombang tertentu. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perbandingan ukuran partikel terhadap panjang gelombang partikel (Chamberlin, 2008).

No	Ukuran partikel (nm)	Kisaran lamda (nm)	No	Ukuran partikel (nm)	Kisaran lamda (nm)
1	20	405	6	70	451
2	30	410	7	80	467
3	40	416	8	90	493
4	50	423	9	100	501
5	60	441	10	110	523

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2015 sampai April 2015 di Laboratorium Fisika Koloid lantai II Jurusan Pendidikan Fisika dan di Laboratorium Kimia Analitik lantai III Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.

#### **B. Variabel Penelitian**

Berbagai variabel dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

##### **1. Variabel Bebas**

Variabel bebas adalah serapan panjang gelombang pada karakterisasi uji UV-Vis nanopartikel perak dalam larutan  $\text{AgNO}_3$  serta waktu pengamatan tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas.

##### **2. Variabel Tergayut (Terikat)**

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi variabel bebas selama penelitian. Variabel tergantung dalam penelitian ini adalah nilai absorbansi pada karakterisasi uji UV-Vis nanopartikel perak dalam larutan  $\text{AgNO}_3$  serta tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas.

### **3. Variabel Kontrol**

Variabel kontrol adalah variabel yang dipertahankan tetap selama penelitian. Dalam hal ini, variabel kontrol yang digunakan terdiri dari:

- a. Volume nanopartikel perak,
- b. Konsentrasi larutan nanopartikel perak 3 mM,
- c. Rangkaian beban untuk tegangan dan arus,
- d. Lampu LED.

### **C. Jenis Penelitian**

Peneitian ini merupakan jenis penelitian observasi. Penelitian dilakukan untuk preparasi dan sintesis nanopartikel perak yang nantinya akan dimasukkan ke dalam aki *maintenance free* bekas. Selanjutnya aki *maintenance free* bekas ini dihubungkan dengan rangkaian beban dan diukur nilai tegangan dan arusnya.

### **D. Alat dan Bahan**

#### **1. Alat-alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. aki *maintenance free* bekas merek GS Astra bertegangan 12,36 volt,
- b. *heater* (1 buah),
- c. gelas beker 500 mL (3 buah),
- d. tabung ukur 15 mL (1 buah),
- e. tabung reaksi (6 buah),
- f. rak tabung reaksi (1 buah),
- g. pipet tetes (3 buah),

- h. thermometer (1 buah),
- i. multimeter digital (2 buah),
- j. timbangan digital (1 buah),
- k. kabel penghubung (14 buah),
- l. capit buaya (8 buah),
- m. LED warna merah (1 buah),
- n. LED warna putih (1 buah),
- o. *charger* aki (1 buah),
- p. pengaduk (1 buah),
- q. *stopwatch* (1 buah).

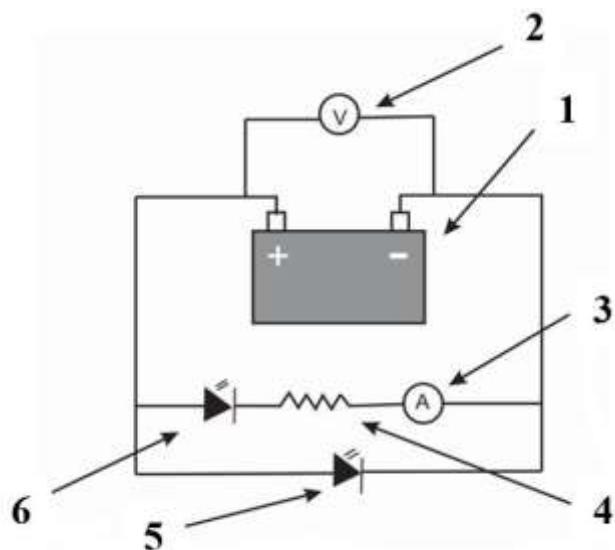
## 2. Bahan-bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a.  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (*trisodium citrate*) (1 gram),
- b.  $\text{AgNO}_3$  (*silver nitrate*) (1 gram),
- c. *aquades* (2 liter).

### 3. Skema Alat Penelitian

Adapun skema alat dalam penelitian ini dapat diamati pada gambar 8.



**Gambar 9.** Skema pengukuran dengan lampu 2 LED.

keterangan:

1. aki *maintenance free* bekas,
2. voltmeter,
3. ampermeter,
4. *resistor*,
5. LED nyala putih,
6. LED nyala merah.

## E. Langkah Kerja

Langkah kerja dalam penelitian ini secara rinci dapat diberikan sebagai berikut:

### 1. Tahap Pembuatan Larutan AgNO<sub>3</sub> 3mM

Larutan AgNO<sub>3</sub> yang dibuat pertama adalah larutan AgNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi 3 mM. Pembuatan larutan AgNO<sub>3</sub> ini dilakukan dengan melarutkan AgNO<sub>3</sub> yang berupa serbuk dalam *aquades*. Jumlah massa serbuk AgNO<sub>3</sub> dengan Mr (massa reatif) = 170 dan *aquades* dapat ditentukan dengan rumus molaritas sebagai berikut:

$$M = \frac{m}{Mr} \times \frac{1000}{V} \quad (1)$$

dengan  $M$  adalah molaritas,  $m$  adalah massa,  $Mr$  adalah massa relatif, dan  $V$  adalah volume dalam liter.

Dengan persamaan di atas maka dapat diperoleh perbandingan AgNO<sub>3</sub> dengan *aquades* yaitu 0,51 gram AgNO<sub>3</sub> dan 1 L *aquades*. Adapun langkah-langkah pembuatan larutan AgNO<sub>3</sub> 3 mM sebagai berikut:

- a. Menimbang serbuk AgNO<sub>3</sub> (*silver nitrate*) sebanyak 0,51 gram.
- b. Menyiapkan 1 L *aquades*
- c. Memasukkan serbuk AgNO<sub>3</sub> sedikit demi sedikit dan *aquades* secara bersamaan ke dalam tabung *enlemeyer*.
- d. Mengocok secara perlahan sehingga AgNO<sub>3</sub> dan *aquades* tercampur merata menjadi larutan AgNO<sub>3</sub> 3 mM.

## **2. Tahap Pembuatan Larutan $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ (*trisodium citrate*) 1%**

Larutan  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  yang dibutuhkan adalah larutan  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  dengan konsentrasi 1%. Larutan ini dibuat dari pelarutan serbuk  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  dalam *aquades*. Dengan perhitungan konsentrasi dapat diketahui konsentrasi 1% dibuat dengan mengencerkan 1 gram serbuk  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  dalam 100 mL *aquades*.

## **3. Tahap Sintesis Nanopartikel Perak**

Langkah-langkah sintesis nanopartikel perak ialah

- a. Memanaskan air hingga bersuhu  $100^{\circ}\text{C}$  menggunakan *heater* di dalam gelas beker ukuran 500 mL.
- b. Masukkan 2 mL larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan konsentrasi 3 mM ke dalam tabung reaksi.
- c. Masukkan larutan  $\text{AgNO}_3$  ke dalam air yang bersuhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 10 menit.
- d. Kemudian menambahkan 5 tetes  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  1% ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya memanaskan kembali hingga larutan berubah warna menjadi kekuning-kuningan. Berdasarkan (Gaffet, 2004) hubungan antara warna dengan panjang gelombang sinar tampak pada alat uji UV-Vis menunjukkan bahwa warna kekuning-kuningan terdapat pada panjang gelombang 400-435 nm. Menurut referensi, (Chamberlin, 2008) perbandingan ukuran partikel terhadap panjang gelombang partikel dimana panjang gelombang partikel 400-435 nm memiliki ukuran partikel 20-60 nm. Sehingga

dapat diindikasikan bahwa larutan  $\text{AgNO}_3$  sudah berubah ukuran partikelnya walaupun belum dapat dibuktikan secara kuantitatif.

Contoh larutan nanopartikel perak dapat diamati pada gambar 10.



(a)



(b)

**Gambar 10.** (a) Sintesis nanopartikel perak pada saat di dalam air mendidih, (b) Perubahan warna perak nitrat menjadi kekuning-kuningan

#### 4. Tahap Uji UV-Vis

Sebelum dicampurkan ke dalam aki bekas, nanopartikel perak langsung diuji dengan alat spektrofotometer UV-Vis. UV-Vis digunakan untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombang absorbansi. Absorbansi dan panjang gelombang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas larutan nanopartikel perak yang telah disintesis.

Larutan-larutan yang diuji oleh UV-Vis yaitu:

- a. 3 mL *nanosilver* konsentrasi 3 mM hasil produksi hari pertama,
- b. 3 mL *nanosilver* konsentrasi 3 mM hasil produksi hari kedua,
- c. 3 mL *nanosilver* konsentrasi 3 mM hasil produksi hari ketiga.

Pengujian dilakukan di laboratorium kimia analitik.

### **5. Penambahan Nanopartikel Perak ke dalam Aki *Maintenance Free***

Penambahan nanopartikel perak ke dalam aki *maintenance free* dilakukan setelah hasil uji UV-Vis diketahui nanopartikel perak berkualitas baik. Kemudian, memasukkan larutan nanopartikel perak sebanyak 3 mL ke dalam aki *maintenance free* yang terdiri dari 6 kotak sel secara merata dan menggoyang-goyangkannya sedemikian hingga larutan nanopartikel perak menyebar di dalam aki *maintenance free*.

### **6. Pengukuran Tegangan dan Arus Keluaran**

Pengujian tegangan dilakukan dengan menghubungkan rangkaian yang berisi resistor, LED, kabel penghubung, amperemeter, dan voltmeter. Tegangan dan arus yang muncul dicatat tiap 1 menit untuk satu jam pertama, tiap 5 menit untuk jam kedua, dan dicatat tiap 15 menit untuk jam ketiga dan keempat. Pengukuran ini dilakukan tiga hari berurutan dalam satu minggu yang selanjutnya setiap minggu dilakukan pengukuran yang sama selama satu bulan.

## **F. Teknik Analisis Data**

### **1. Uji UV-Vis Nanopartikel Perak**

Larutan nanopartikel perak diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorbansi maksimum dan serapan panjang gelombang yang dimiliki larutan tersebut. Nanopartikel perak memiliki serapan panjang gelombang pada rentang 400-500 nm. Panjang

gelombang pada absorbansi maksimum dari hasil UV-Vis kemudian akan dibandingkan dengan literatur sehingga diperoleh ukuran partikel nano dari larutan nanopartikel perak.

## 2. Uji secara Grafik Tegangan dan Arus Keluaran Aki

Data yang diperoleh dari penelitian yaitu berupa tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas dibuat tabulasi. Kemudian, diolah menggunakan *software* Origin lalu ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik yang akan ditampilkan adalah grafik hubungan antara tegangan terhadap waktu dan grafik hubungan antara arus terhadap waktu.

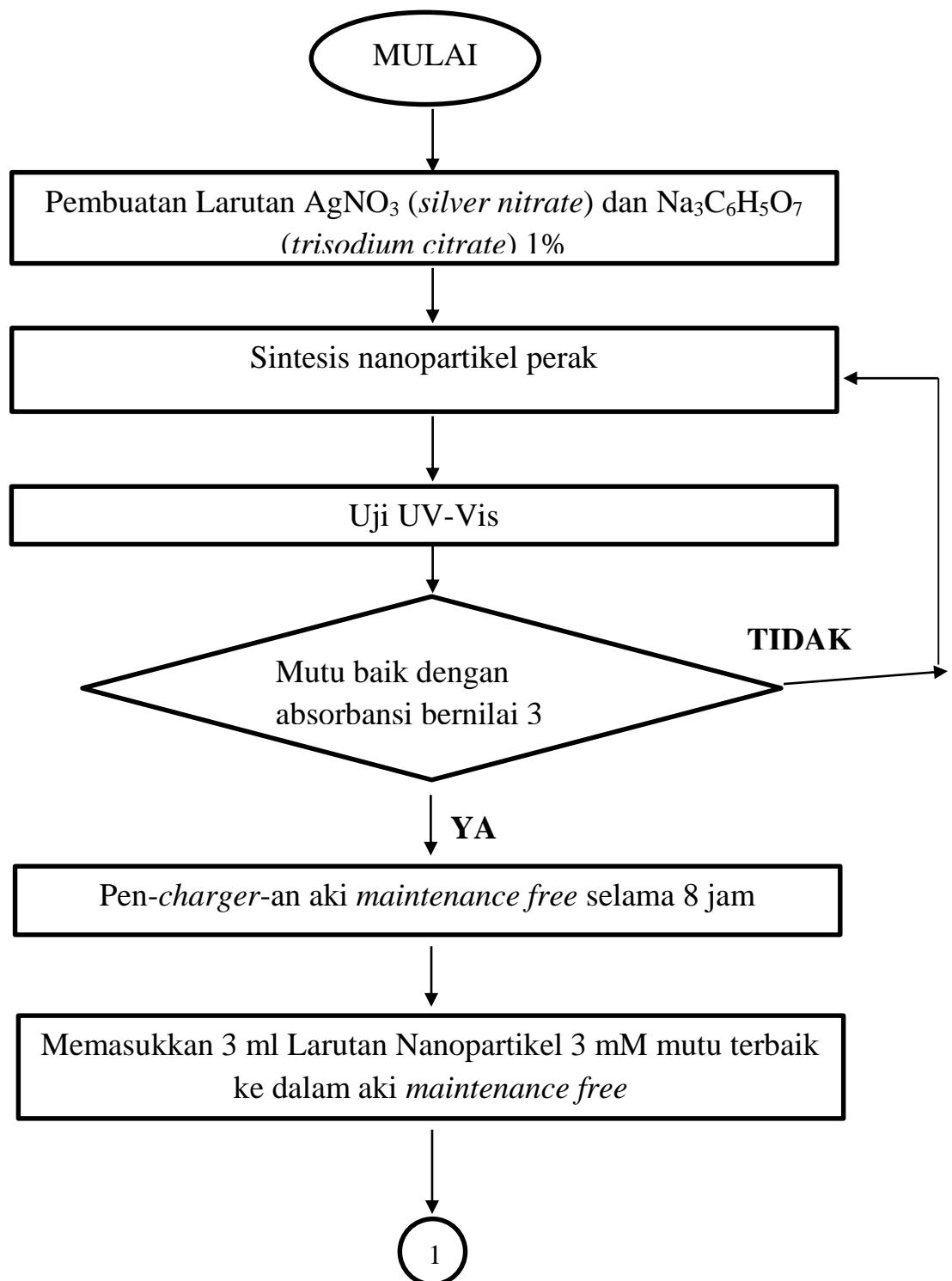
## G. Kerangka Berfikir

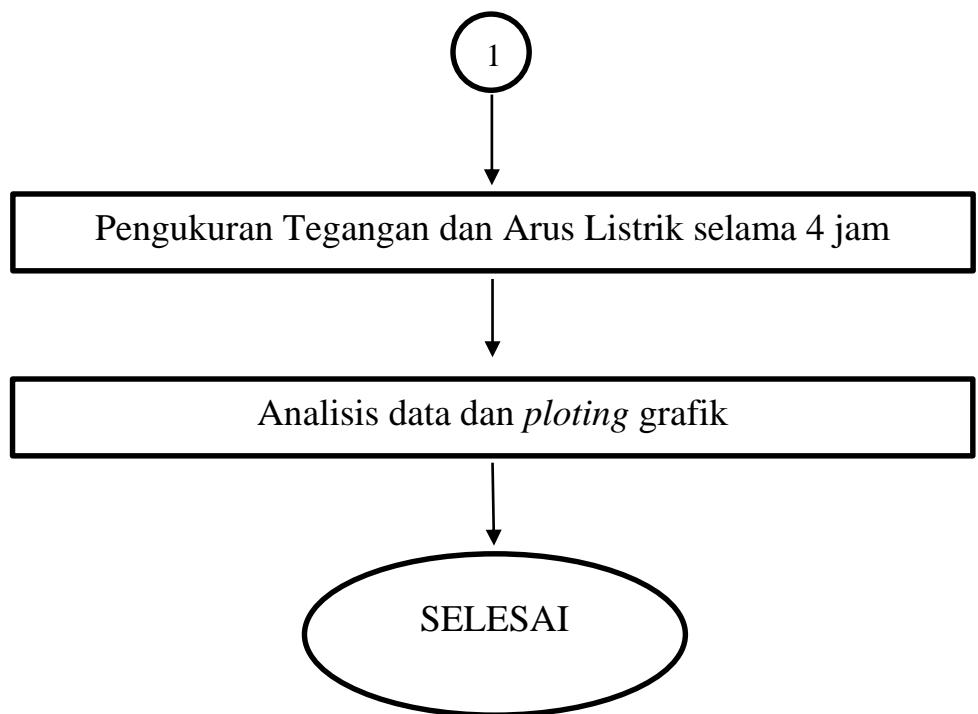
Dalam penelitian ini dilakukan pengontrolan terhadap konsentrasi garam perak untuk sintesis nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM. sintesis nanopartikel perak ini dilakukan dalam 3 hari. Kemudian hasil sintesis nanopartikel perak konsentrasi 3 mM tersebut diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sehingga dari beberapa hasil sintesis tersebut dapat diketahui karakteristik larutan nanopartikel peraknya. Hasil uji UV-Vis akan menunjukkan panjang gelombang absorbansi dan seberapa besar serapan dari larutan campuran nanopartikel perak.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan penambahan nanopartikel perak pada aki *maintenance free* bekas. Aki *maintenance free* merupakan penyempurnaan sel Volta yang memiliki tingkat penguapan gas hidrogen yang lebih rendah karena gas hidrogen dikondisikan lagi dalam wadah

sedemikian rupa hingga menjadi cairan lagi sehingga tidak memerlukan perawatan berupa penambahan air aki selama pemakaian berlangsung.

## H. Diagram Alir





## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini digunakan larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM yang ditambahkan ke dalam aki *maintenance free* bekas yang bertegangan 12,36 volt setelah *di-charge* selama 8 jam. Larutan nanopartikel perak yang digunakan adalah nanopartikel perak hasil sintesis yang memiliki absorbansi terbesar dengan nilai absorbansi 3,187. Karakteristik nanopartikel perak ini diuji menggunakan spektrofotometer milik laboratorium kimia analitik FMIPA UNY. Nanopartikel perak ditambahkan ke dalam aki *maintenance free* bekas dengan volume 3 mL dibagi merata ke 6 sel aki *maintenance free*. Penambahan nanopartikel perak ke dalam aki *maintenance free* bekas dimaksudkan untuk mengetahui tegangan dan arus keluaran pada aki *maintenance free* bekas selama 4 jam setelah ditambahkan nanopartikel perak berkonsentrasi 3 mM.

#### **A. Sintesis Nanopartikel Perak**

Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui pengaruh penambahan larutan perak nitrat yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi terhadap tegangan dan arus keluaran dalam aki *maintenance free*. Salah satu cara untuk mengoptimalkan kemampuan larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) adalah dengan mengubah ukuran larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) yang sebelumnya berukuran mikro menjadi berukuran nano. Cara pembuatan nanopartikel perak dapat dijelaskan sebagai berikut : pertama, 1 liter *aquades* dicampurkan dengan 0,5

gram serbuk logam  $\text{AgNO}_3$  dan kedua campuran tersebut diaduk sampai kedua komponen ini tercampur dengan baik sehingga dihasilkan konsentrasi larutan nanopartikel 3 mM. Kedua, 100 mL aquades dicampurkan dengan 1 gram serbuk  $\text{NaC}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (*trisodium citrate*) dan kedua komponen tersebut diaduk sehingga menghasilkan konsentrasi larutan  $\text{NaC}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (*trisodium citrate*) sebesar 1%. Ketiga, air dipanaskan menggunakan *heater* sampai mendidih (bersuhu  $100^{\circ}\text{C}$ ) dan dimasukkan larutan  $\text{AgNO}_3$  sebanyak 2 mL ke dalam tabung reaksi selama  $\pm 10$  menit. Keempat, dimasukkan larutan  $\text{NaC}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (*trisodium citrate*) dengan konsentrasi 1% sebanyak 5 tetes ke dalam larutan  $\text{AgNO}_3$  yang berfungsi sebagai pereduksi, ditunggu sampai larutan berubah warna menjadi kekuning-kuningan yang ditunjukkan pada gambar 11. Kemudian, dibiarkan suhu larutan nanopartikel perak tersebut hingga suhu kamar ( $30^{\circ}\text{C}$ ).



**Gambar 11.** Nanopartikel 3 mM yang telah disintesis berwarna kuning kecoklatan

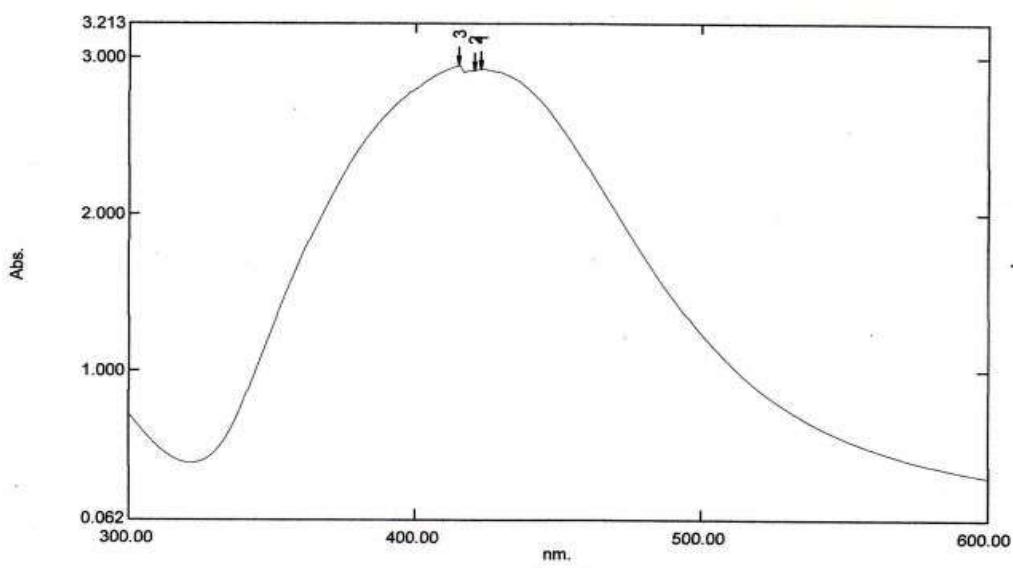
#### B. Hasil Uji UV-Vis

Pengujian sampel melalui karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui besar absorbansi dan panjang gelombang dari sampel yang diuji.

Larutan nanopartikel perak 3 mM merupakan sampel yang digunakan dalam uji UV-Vis. Secara kuantitatif, hasil pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik ini menunjukkan hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang. Grafik yang dihasilkan menunjukkan hubungan antara panjang gelombang pada sumbu-X dan absorbansi pada sumbu-Y. Grafik hasil analisis UV-Vis dari beberapa hasil sintesis larutan nanopartikel 3 mM ditunjukkan pada Gambar 12.

---

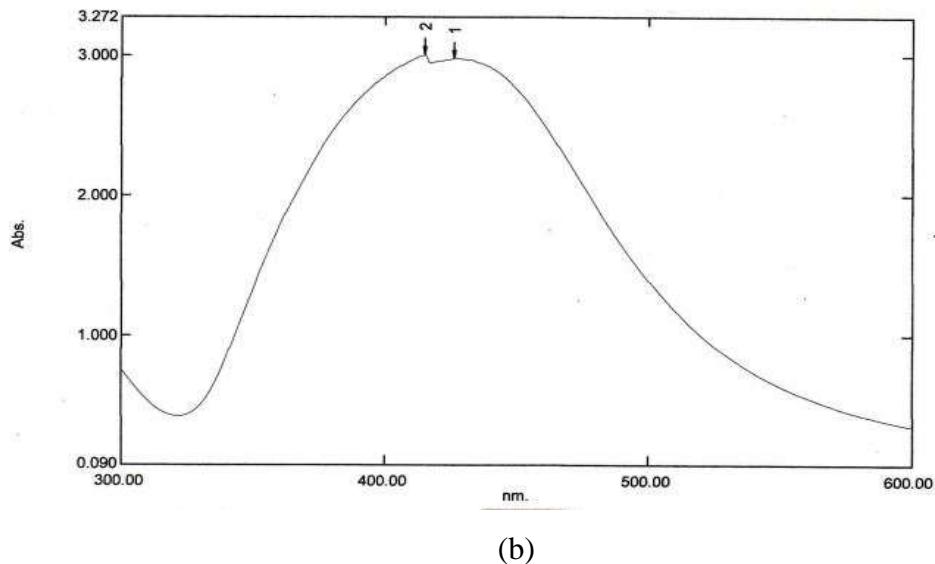
Data Set: AgNO<sub>3</sub> Riksa 3mM H1 - RawData



(a)

---

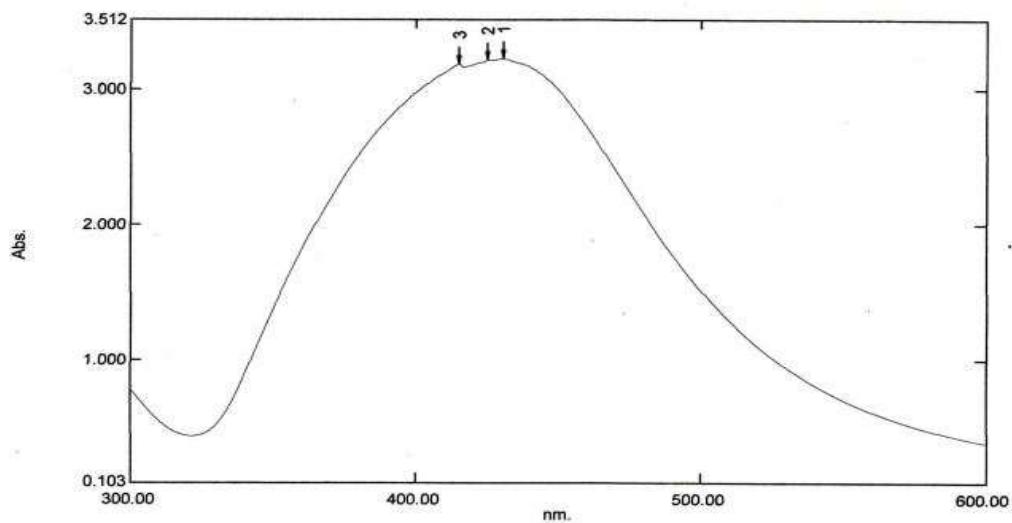
Data Set: AgNO<sub>3</sub> Riksa 3 mM A H2 - RawData



(b)

---

Data Set: AgNO<sub>3</sub> Riksa 3mM AH3 - RawData



(c)

**Gambar 12.** Grafik hasil uji UV-Vis larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM: (a) hasil sintesis hari ke-1, (b) hasil sintesis hari ke-2, dan (c) hasil sintesis hari ke-3.

**Tabel 4.** Panjang gelombang puncak pada absorbansi maksimum dan nilai absorbansi nanopartikel perak.

Hasil Sintesis Nanopartikel Perak	Panjang gelombang puncak (nm)	Absorbansi
Hari ke-1	415,20	2,925
Hari ke-2	415,20	3,007
Hari ke-3	415,20	3,187

Pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa panjang gelombang absorbansi yang diperoleh dari hasil uji UV-Vis terhadap larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM adalah 415,20 nm pada puncak yang memiliki absorbansi paling tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nanopartikel perak mengabsorbansi spektrum warna ungu yang memiliki rentang panjang gelombang 390 nm sampai 430 nm. Pada nilai panjang gelombang puncak yang berada pada 415,20 nm, ukuran nanopartikel perak yang terbentuk menurut referensi yang ditunjukkan pada Tabel 3 (Chamberlin, 2008) diperoleh ukuran nanopartikel perak dengan kisaran 30 - 40 nm. Kemudian dari hasil uji UV-Vis, hasil sintesis nanopartikel pada hari ke-3 memiliki nilai absorbansi yang paling tinggi. Nilai absorbansi yang lebih besar dalam larutan dengan konsentrasi yang sama menunjukkan absorptivitas molar yang lebih tinggi. Nilai absorbansi ini juga menunjukkan jumlah nanopartikel yang terbentuk secara kualitatif. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai absorbansinya semakin banyak pula partikel nano yang terdapat dalam

larutan yang diuji. Sehingga hasil sintesis hari ke-3 dengan nilai absorbansi 3,187 inilah yang digunakan dalam penelitian ini.

### C. Hasil Keluaran Tegangan Aki *Maintenance Free* Bekas dengan Penambahan Nanopartikel Perak pada Rangkaian Tertutup.

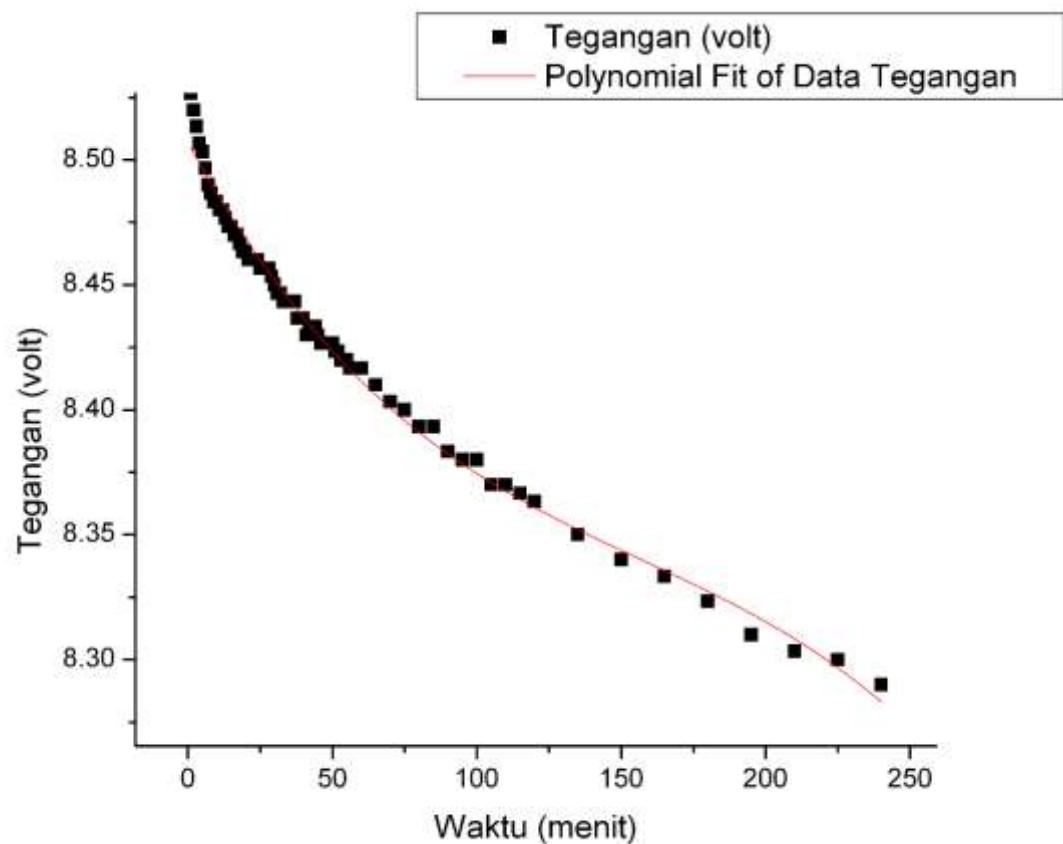
Pada penelitian ini fokus utamanya adalah mengetahui pola tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas. Pengukuran dilakukan dengan memberi beban *resistor* dan lampu LED seperti pada gambar 9. Tujuan pemberian beban *resistor* dan lampu LED adalah untuk mengetahui kecenderungan penurunan tegangan selama 240 menit. Pengukuran dilakukan tiga kali untuk mendapatkan tegangan keluaran rerata atau tegangan keluaran mingguan.

Pengukuran tegangan keluaran terhadap waktu dari aki *maintenance free* bekas dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel perak pada aki *maintenance free* bekas.

Pengukuran tegangan aki *maintenance free* bekas dilakukan selama 240 menit mengalami penurunan tegangan listrik seiring dengan penambahan waktu karena adanya *resistor* dan lampu LED. Penurunan tegangan ini memperlihatkan pola karakteristik tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas.

Data yang diperoleh selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *fitting* polinomial orde 3. Hal ini karena secara faktual, karakteristik tegangan keluaran aki (baterai) ketika diberi beban memiliki fungsi yang paling mendekati polanya adalah fungsi polinomial orde 3. Analisis data *fitting* fungsi polinomial orde 3 oleh Origin

memberikan bentuk fungsi polinomial berserta nilai variabel, dan koefisiennya serta nilai  $R^2$ . Nilai  $R^2$  adalah nilai yang mengukur seberapa jauh model dalam menerangkan variabel terikat dimana variabel terikat dalam penelitian ini adalah tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas. Rentang nilai  $R^2$  adalah antara 0 sampai dengan 1. Jika nilai  $R^2$  memberikan nilai 1 menunjukkan bahwa plot-plot data menempel seluruhnya pada garis *fitting*. Berikut ini adalah bentuk fungsi polinomial:  $y = Intercept + B1 * x^1 + B2 * x^2 + B3 * x^3$  dengan variabel y merupakan nilai tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas. Nilai B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, dan B9 menunjukkan koefisien dari variabel x dan nilai *Intercept* adalah nilai tegangan awal ( $V_0$ ) pada nilai  $x = 0$  berdasarkan *fitting* grafik. Nilai x merupakan masukan nilai untuk waktu pengukuran tegangan listrik.

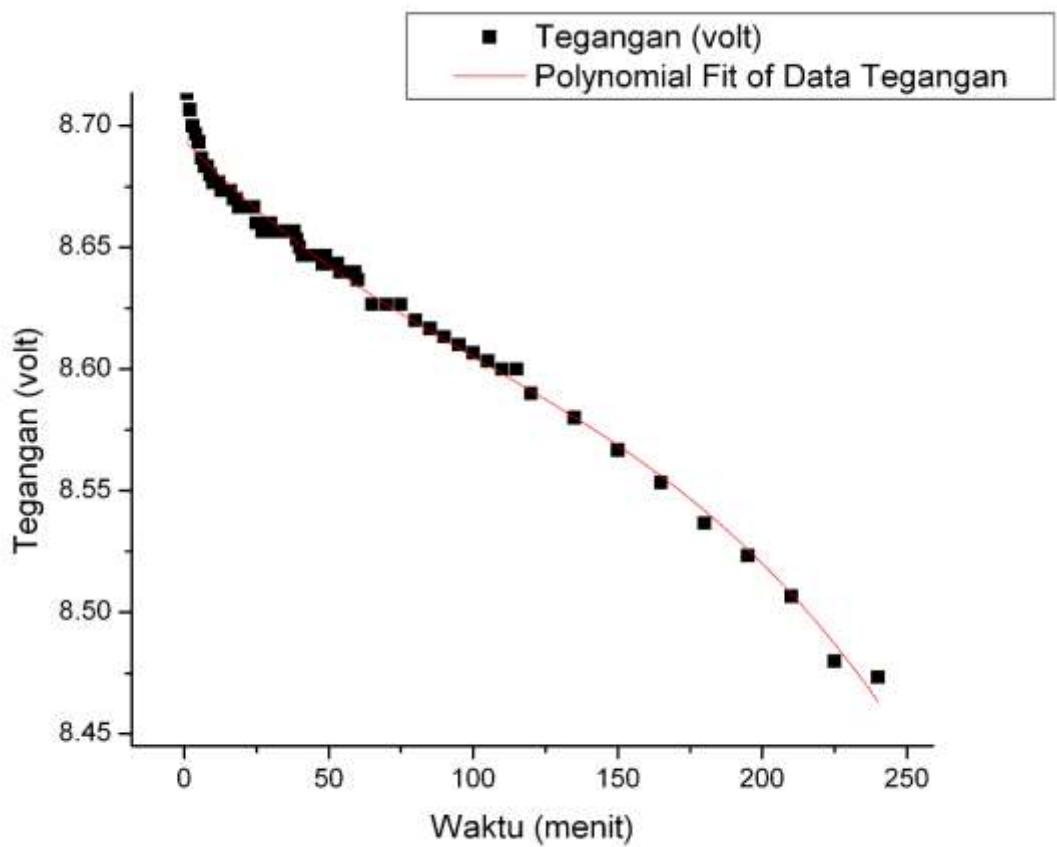


**Gambar 13.** Grafik *fitting* tegangan keluaran minggu 1 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.

**Tabel 5.** Data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 1 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM.

Equation	$y = \text{Intercept} + B1*x^1 + B2*x^2 + B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	0.00198917		
Adj. R-Square	0.990167486		
		Value	Standard Error
Tegangan	Intercept	8.506988872	0.001548418
Tegangan	B1	- 0.002117867	7.22E-05
Tegangan	B2	1.01E-05	8.42E-07
Tegangan	B3	-2.14E-08	2.58E-09

Tabel 5 menunjukkan data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 1 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM. Berdasarkan data pada tabel 5, pola karakteristik tegangan keluaran minggu 1 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3, yakni  $y = 8,507 + 0,0021x + (1,01E - 05)x^2 + (-2,1E - 08)x^3$

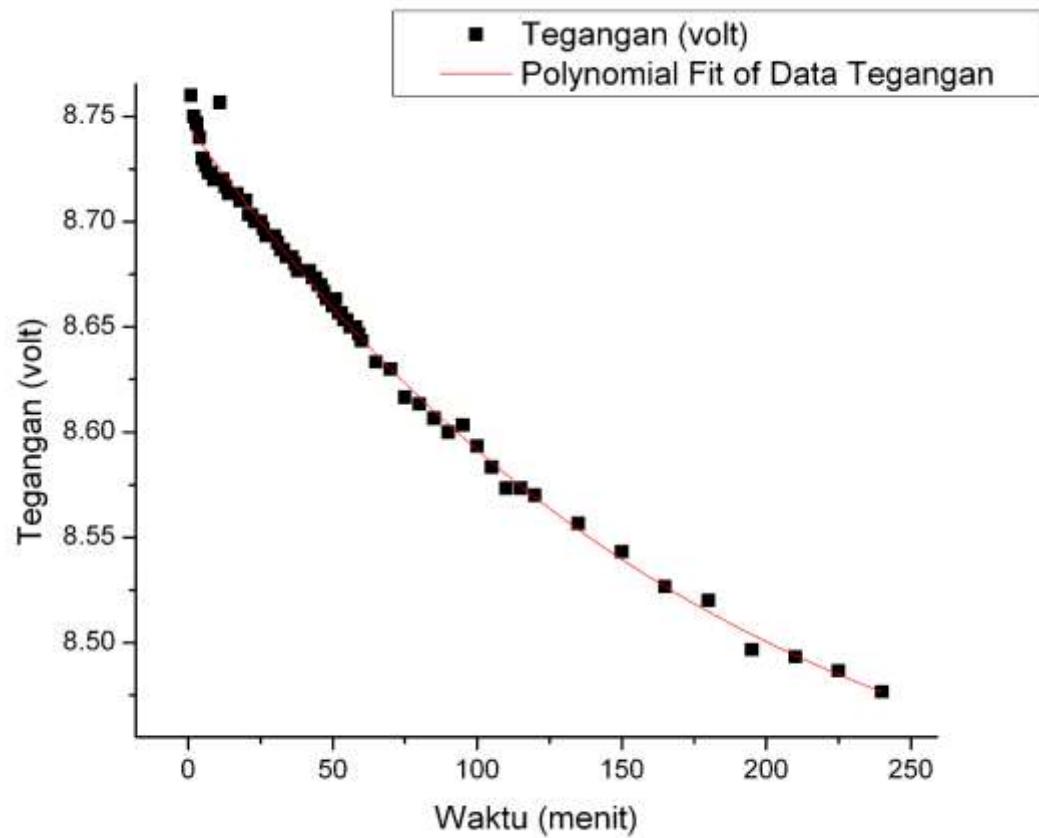


**Gambar 14.** Grafik *fitting* tegangan keluaran minggu 2 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.

**Tabel 6.** Data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 2 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM.

Equation	$y = \text{Intercept} + B1*x^1 + B2*x^2 + B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	0.001618		
Adj. R-Square	0.990092		
		Value	Standard Error
Tegangan	Intercept	8.69443	0.001397
Tegangan	B1	- 0.00127	6.51E-05
Tegangan	B2	5.57E- 06	7.60E-07
Tegangan	B3	-1.78E- 08	2.33E-09

Tabel 6 menunjukkan data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 2 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM. Berdasarkan data pada tabel 6, pola karakteristik tegangan keluaran minggu 2 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3, yakni  $y = 8,694 - 0,0013x + (5,6E - 06)x^2 + (-1,8E - 08)x^3$

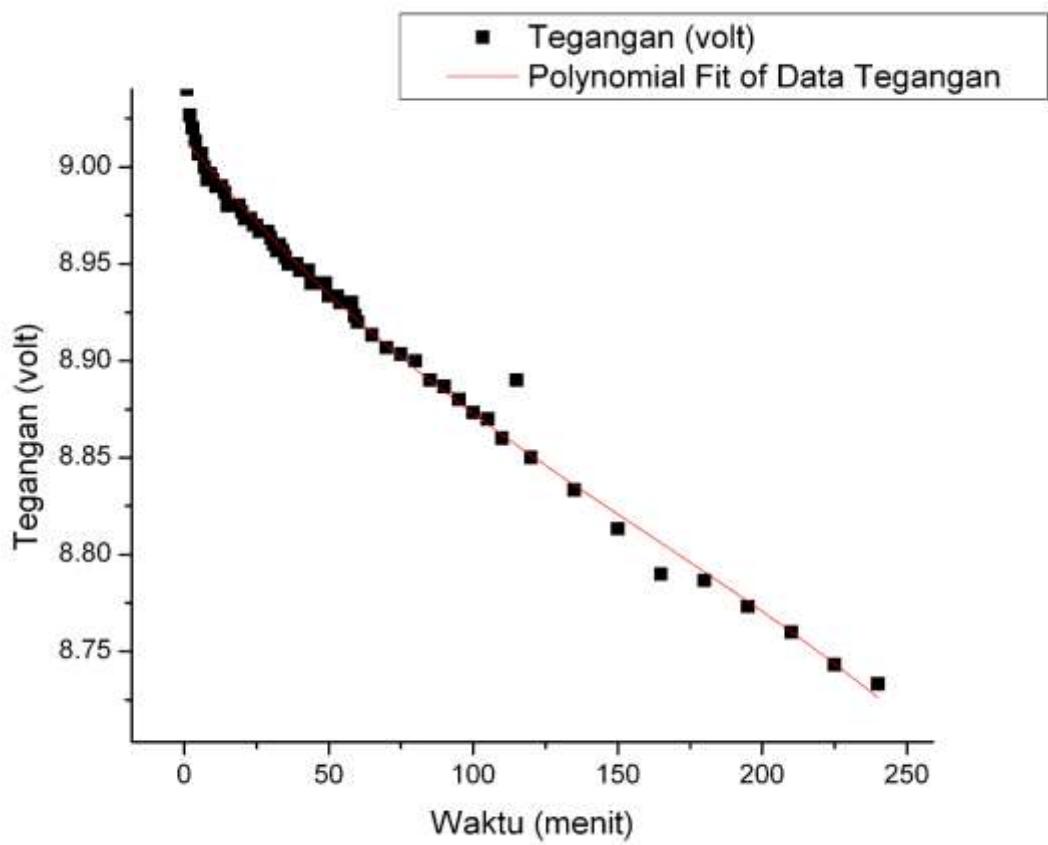


**Gambar 15.** Grafik *fitting* tegangan keluaran minggu 3 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.

**Tabel 7.** Data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 3 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM.

Equation	$y = \text{Intercept} + B1*x^1 + B2*x^2 + B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	0.002346		
Adj. R-Square	0.992865		
		Value	Standard Error
Tegangan	Intercept	8.745796	0.001681
Tegangan	B1	-0.00193	7.84E-05
Tegangan	B2	4.28E-06	9.15E-07
Tegangan	B3	-3.77E-09	2.81E-09

Tabel 7 menunjukkan data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 3 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM. Berdasarkan data pada tabel 7, pola karakteristik tegangan keluaran minggu 3 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3, yakni  $y = 8,746 - 0,0019x + (4,3E - 06)x^2 + (-4E - 09)x^3$



**Gambar 16.** Grafik *fitting* tegangan keluaran minggu 4 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.

**Tabel 8.** Data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 4 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM.

Equation	$y = \text{Intercept} + B1*x^1 + B2*x^2 + B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	0.003273		
Adj. R-Square	0.989808		
		Value	Standard Error
Tegangan	Intercept	9.014745	0.001986
Tegangan	B1	-0.00184	9.26E-05
Tegangan	B2	5.29E-06	1.08E-06
Tegangan	B3	-1.10E-08	3.31E-09

Tabel 8 menunjukkan data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari tegangan keluaran minggu 4 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM. Berdasarkan data pada tabel 8, pola karakteristik tegangan keluaran minggu 4 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3, yakni  $y = 9,015 - 0,0018x + (5E - 06)x^2 + (-1,1E - 08)x^3$

#### **D. Hasil Keluaran Arus Aki *Maintenance free* Bekas dengan Penambahan Nanopartikel Perak dengan Penambahan Nanopartikel Perak pada Rangkaian Tertutup.**

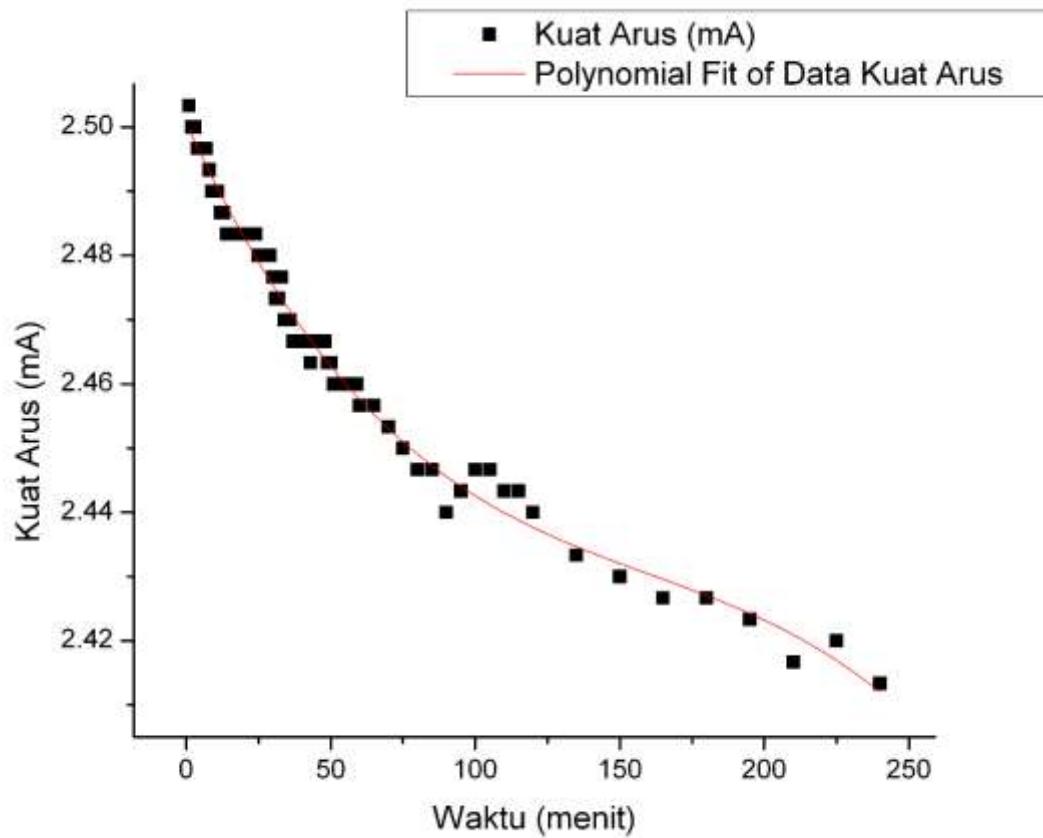
Pada penelitian ini fokus utamanya adalah mengetahui pola tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas. Pengukuran dilakukan dengan memberi beban *resistor* dan lampu LED seperti pada gambar 9. Tujuan pemberian beban *resistor* dan lampu LED adalah untuk mengetahui kecenderungan penurunan arus selama 240 menit. Pengukuran dilakukan tiga kali untuk mendapatkan arus keluaran rerata atau arus keluaran mingguan.

Pengukuran arus keluaran terhadap waktu dari aki *maintenance free* bekas dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel perak pada aki *maintenance free* bekas.

Pengukuran arus aki *maintenance free* bekas dilakukan selama 240 menit mengalami penurunan arus listrik seiring dengan penambahan waktu karena adanya *resistor* dan lampu LED. Penurunan arus ini memperlihatkan pola karakteristik arus keluaran aki *maintenance free* bekas.

Data yang diperoleh selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *fitting* polinomial orde 3. Hal ini karena secara faktual, karakteristik arus keluaran aki (baterai) ketika diberi beban memiliki fungsi yang paling mendekati polanya adalah fungsi polinomial orde 3. Analisis data *fitting* fungsi polinomial orde 3 oleh Origin memberikan bentuk fungsi polinomial berserta nilai variabel, dan koefisiennya serta nilai  $R^2$ . Nilai  $R^2$  adalah nilai yang mengukur seberapa jauh model dalam menerangkan variabel terikat dimana variabel terikat dalam

penelitian ini adalah arus keluaran aki *maintenance free* bekas. Rentang nilai  $R^2$  adalah antara 0 sampai dengan 1. Jika nilai  $R^2$  memberikan nilai 1 menunjukkan bahwa plot-plot data menempel seluruhnya pada garis *fitting*. Berikut ini adalah bentuk fungsi polinomial:  $y = Intercept + B1 * x^1 + B2 * x^2 + B3 * x^3$  dengan variabel y merupakan nilai arus listrik keluaran aki *maintenance free* bekas. Nilai B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, dan B9 menunjukkan koefisien dari variabel x dan nilai *Intercept* adalah nilai kuat arus awal ( $I_0$ ) pada nilai x = 0 berdasarkan *fitting* grafik. Nilai x merupakan masukan nilai untuk waktu pengukuran arus listrik.

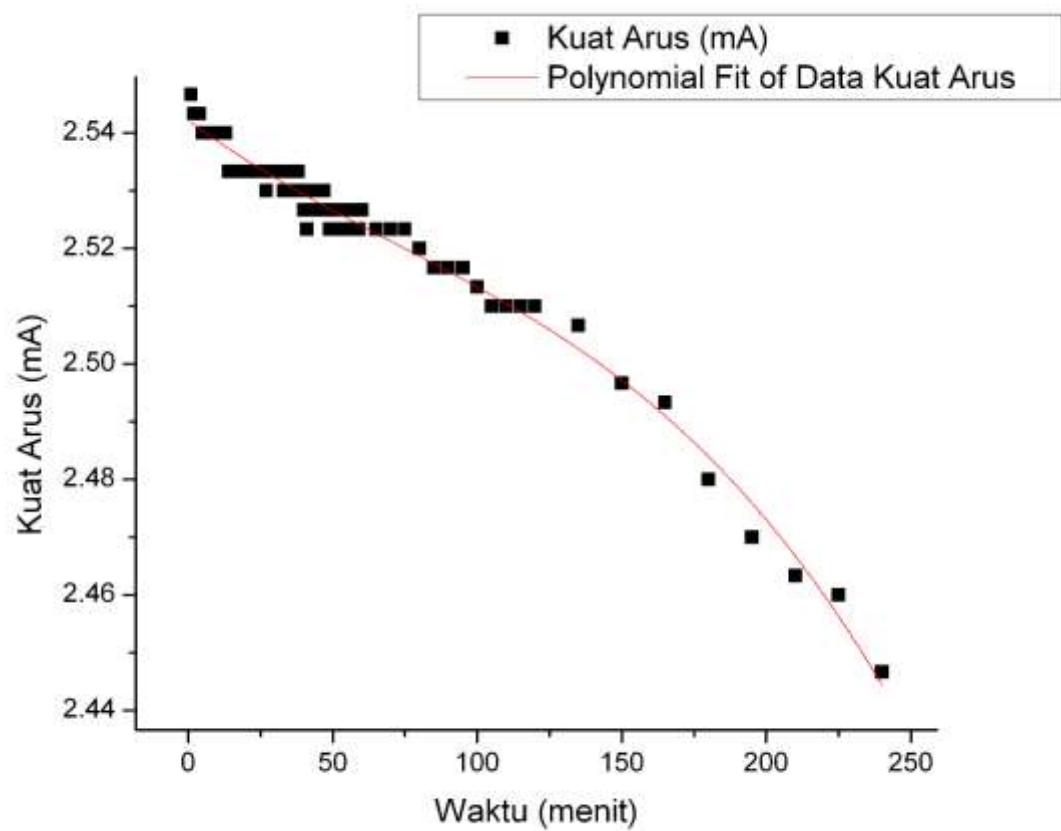


**Gambar 17.** Grafik *fitting* arus keluaran minggu 1 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.

**Tabel 9.** Data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 1 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM.

Equation	$y = \text{Intercept} + B1*x^1 + B2*x^2 + B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	4.42E-04		
Adj. R-Square	0.987015		
		Value	Standard Error
Kuat Arus	Intercept	2.500643	7.30E-04
Kuat Arus	B1	-9.85E-04	3.40E-05
Kuat Arus	B2	5.11E-06	3.97E-07
Kuat Arus	B3	-1.06E-08	1.22E-09

Tabel 9 menunjukkan data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 1 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM. Berdasarkan data pada tabel 9, pola karakteristik arus keluaran minggu 1 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3, yakni  $y = 2,5006 + (-9,8E - 04)x + (5,1E - 06)x^2 + (-1,1E - 08)x^3$

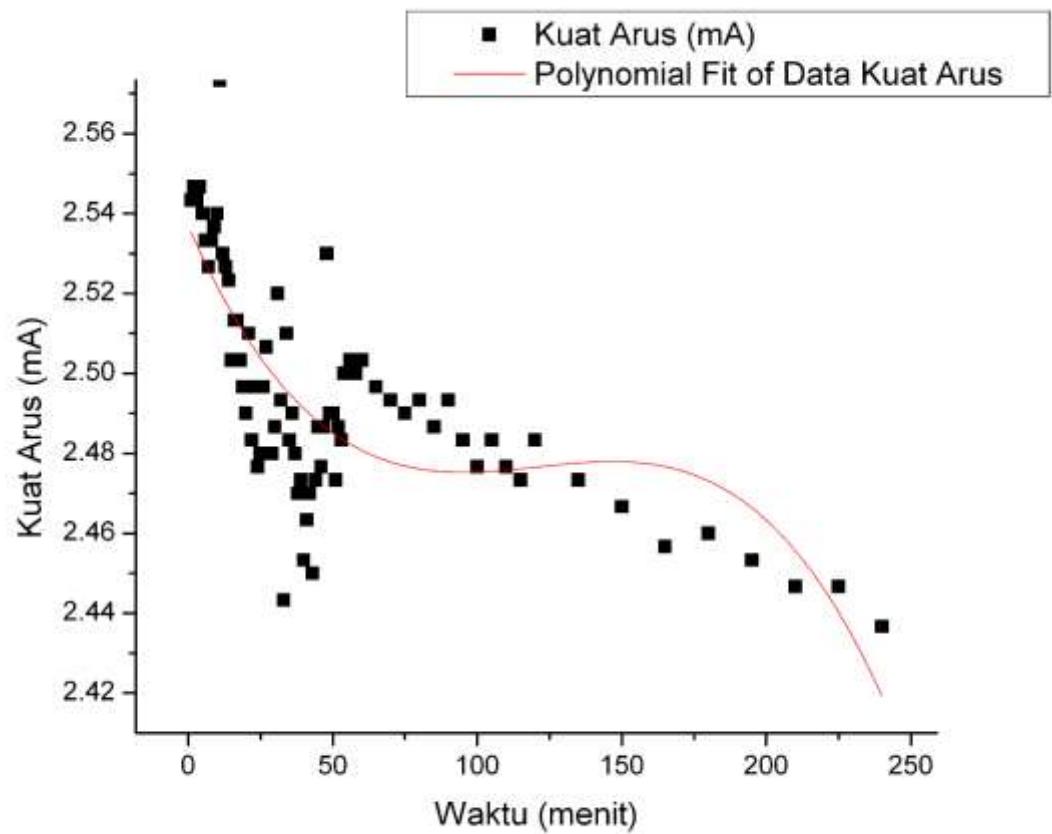


**Gambar 18.** Grafik *fitting* arus keluaran minggu 2 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.

**Tabel 10.** Data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 2 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM.

Equation	$y = \text{Intercept} + B1*x^1 + B2*x^2 + B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	4.30E-04		
Adj. R-Square	0.983947		
		Value	Standard Error
Kuat Arus	Intercept	2.542205	7.20E-04
Kuat Arus	B1	-3.71E-04	3.35E-05
Kuat Arus	B2	1.51E-06	3.91E-07
Kuat Arus	B3	-6.93E-09	1.20E-09

Tabel 10 menunjukkan data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 2 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM. Berdasarkan data pada tabel 10, pola karakteristik arus keluaran minggu 2 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3, yakni  $y = 2,5422 + (-3,7E - 04)x + (1,5E - 06)x^2 + (-7E - 09)x^3$

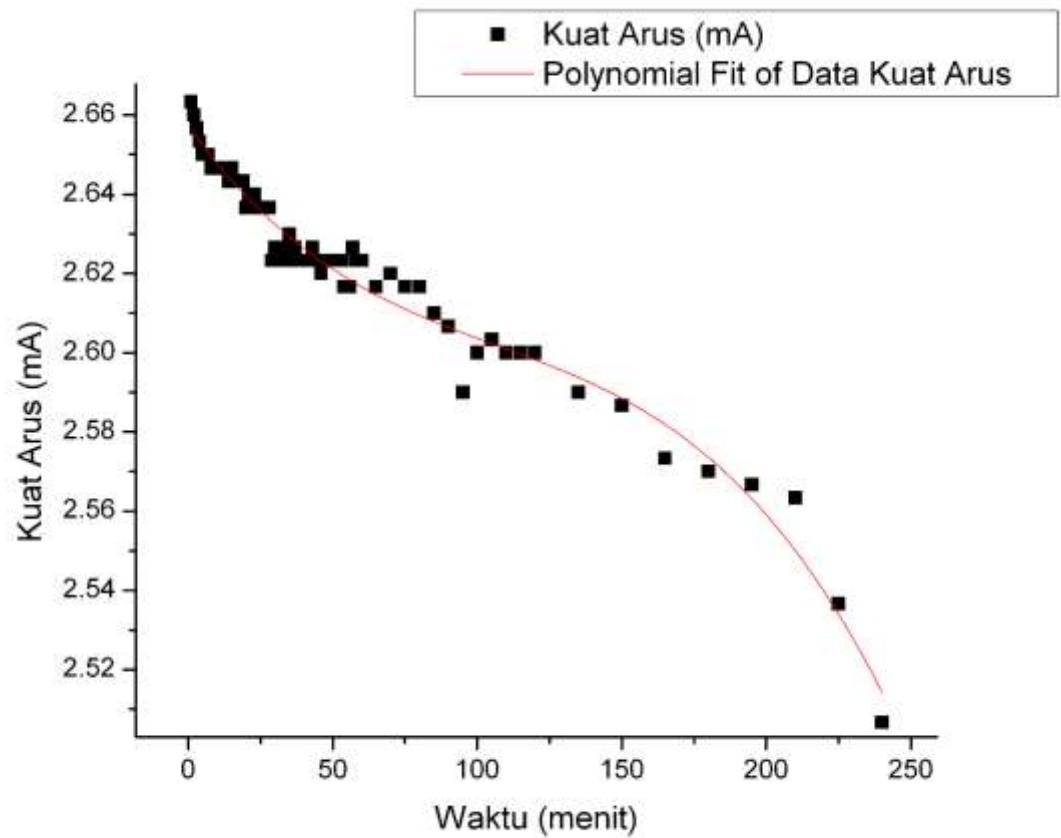


**Gambar 19.** Grafik *fitting* arus keluaran minggu 3 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.

**Tabel 11.** Data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 3 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM.

Equation	$y = \text{Intercept} + B1*x^1 + B2*x^2 + B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	2.53E-02		
Adj. R-Square	0.564008845		
		Value	Standard Error
Kuat Arus	Intercept	2.537018	5.52E-03
Kuat Arus	B1	-1.66E-03	2.57E-04
Kuat Arus	B2	1.43E-05	3.00E-06
Kuat Arus	B3	-3.95E-08	9.21E-09

Tabel 11 menunjukkan data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 3 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM. Berdasarkan data pada tabel 11, pola karakteristik arus keluaran minggu 3 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3, yakni  $y = 2,537 + (-1,7E - 03)x + (1,4E - 05)x^2 + (-4,0E - 08)x^3$



**Gambar 20.** Grafik *fitting* arus keluaran minggu 4 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM dengan bentuk fungsi polinomial orde 3.

**Tabel 12.** Data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 4 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM.

Equation	$y = \text{Intercept} + B1*x^1 + B2*x^2 + B3*x^3$		
Weight	No Weighting		
Residual Sum of Squares	0.001544		
Adj. R-Square	0.970815		
		Value	Standard Error
Kuat Arus	Intercept	2.657424	0.001364
Kuat Arus	B1	-0.00102	6.36E-05
Kuat Arus	B2	7.06E-06	7.42E-07
Kuat Arus	B3	-2.20E-08	2.28E-09

Tabel 12 menunjukkan data hasil analisis *fitting* Origin fungsi polinomial orde 3 dari arus keluaran minggu 4 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM. Berdasarkan data pada tabel 12, pola karakteristik arus keluaran minggu 4 pada aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3, yakni  $y = 2,657 - 0,0010x + (7,1E - 06)x^2 + (-2,2E - 08)x^3$

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan tujuan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pola tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3. Fungsi karakteristik tegangan keluaran minggu 1:  $y = 8,507 + 0,0021x + (1,01E - 05)x^2 + (-2,1E - 08)x^3$ , minggu 2:  $y = 8,694 - 0,0013x + (5,6E - 06)x^2 + (-1,8E - 08)x^3$ , minggu 3:  $y = 8,746 - 0,0019x + (4,3E - 06)x^2 + (-4E - 09)x^3$ , minggu 4:  $y = 9,015 - 0,0018x + (5E - 06)x^2 + (-1,1E - 08)x^3$ .
2. Pola arus keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM adalah berbentuk fungsi polinomial orde 3. Fungsi karakteristik arus keluaran minggu 1:  $y = 2,5006 + (-9,8E - 04)x + (5,1E - 06)x^2 + (-1,1E - 08)x^3$ , minggu 2:  $y = 2,5422 + (-3,7E - 04)x + (1,5E - 06)x^2 + (-7E - 09)x^3$ , minggu 3:  $y = 2,537 + (-1,7E - 03)x + (1,4E - 05)x^2 + (-4,0E - 08)x^3$ , minggu 4:  $y = 2,657 - 0,0010x + (7,1E - 06)x^2 + (-2,2E - 08)x^3$

## **B. SARAN**

Berbagai tindak lanjut yang dapat dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini memberikan informasi mengenai keberadaan dan karakteristik partikel berukuran *nano* pada larutan nanopartikel perak 3 mM yang disintesis. Metode yang digunakan untuk mengetahui keberadaan nanopartikel perak adalah dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Untuk hasil yang lebih baik, dalam penelitian ini dapat dilakukan dengan alat yang berbeda misal *particle size analyzer* (PSA).
2. Pada penelitian ini menggunakan aki *maintenance free* bekas yang sudah terpakai. Diharapkan pada penelitian yang lebih lanjut dapat menguji coba aki *maintenance free* baru yang ditambahkan nanopartikel perak.
3. Pengambilan data dapat dilakukan dengan sistem otomatis yang memerlukan rangkaian listrik yang lebih rumit. Hal ini akan memudahkan dalam pencatatan data dan dapat mengurangi gangguan-gangguan yang dapat menimbulakan ketidakpastian dalam pengukuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chamberlin, Danielle dan Rick Trutna. (2008). *Physics of Particle Size Spectrophotometry*. USA: Agilent Technologies Inc.
- Derman, Moch Nazree. (2009). *The Influence of Sulfuric Acid Concentration on Hard Anodising Process on Powder Metallurgy Al-Mg*. Malaysia: Perlis University.
- Fauss, Emma (2008). *The Silver Nanotechnology Commercial Inventory*. USA: University of Virginia.
- Friedman, Leonard.J. (2000). *The History of The Contact Sulfuric Acid Process*. USA: Boca Raton.
- Friedman, Samantha.J. (2000). *Basic UV-Vis Theory, Concepts, and Applications*. USA: Thermo Spectronic.
- Gaffet, Erwin. (2004). *Nanoscience and Nanotechnologies*. England: The Royal Academy of Engineering.
- Gaffet, Erwin. (2004). *Definition, Application, and Effect Health of Nanomaterials*. England: The Royal Academy of Engineering.
- Gaffet, Erwin. (2004). *Ultraviolet or Visible Spectroscopy*. England: The Royal Society of Chemistry.
- Jalius, Jama.dkk. (2008). Teknik Sepeda Motor Jilid 2. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Jalius, Jama.dkk. (2008). Teknik Sepeda Motor Jilid 3. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Krar, Steve. (2000). *The Battery (Dry Cell)*. England: University of Newcastle.
- Krause, Michael. (2009). *Introduction of Nanotechnology*. USA: University of Ohio.
- Laryngeal, Aman.C. (2003). *Acid, Bases, and Acid-Base Reactions*. New Zealand: Ouckland University.
- Lower, Stephen.K. (1996). *Introduction to Acid-base Chemistry*. USA: Simon Fraser University.
- Lu, Yu Chien. (2008). *A Simple and Effective Route for the Synthesis of Nanosilver colloidal dispersions*. Taiwan: Tiang Han University.

- Odom, Tery.W. (2010). *Science and Technology at The Nanoscale*. USA: Michigan University.
- Pulit, Jolanta. (2013). *Nanosilver: Making Difficult Decision*. Rusia: Cracow University of Technology.
- Serpone, Nick dan Satoshi Horikoshi. (2013). *Microwave in Nanoparticle Synthesis*. USA: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Simpson, Jenny dan Jonathon Petherick. (2005). *The Manufacture of Sulfuric Acid and Superphosphate*. New Zealand: Farmers Fertilizer Ltd & IChem Ltd.
- Tian, Quang Huy. (2013). *Silver Nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications, and perspective*. Vietnam: Hanoi University of Science and Technology.
- Treptow, R.S. (2002). *The Lead-acid Battery: its Voltage in Theory and Practice*. USA: US Defense Logistics Agency.
- Tripathi, R.M. (2013). *Synthesis of Silver Nanoparticles*. India: Jiwaji University
- Vutetukis, David.G. (2001). *Introduction and Application of Batteries*. USA: CRC Press LCC.
- Williams, Echmand.K. (2011). *Nanoscale Science, Engineering, and Technology Research Directions*. USA: University of Kentucky.
- Zhang, Zhi Qiang. (2012). *Synthesis and Antimicrobial properties of Nanosilver*. Cina: Chung Chen University.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1.

#### Perhitungan massa serbuk AgNO<sub>3</sub> untuk membuat larutan AgNO<sub>3</sub> 3 mM.

Diketahui: massa relatif (*Mr*) AgNO<sub>3</sub> = 170,

Volume larutan yang dibuat 1 L = 1000 mL.

Massa AgNO<sub>3</sub> dapat ditentukan dengan menggunakan rumus awal  $M = \frac{n}{V}$  dimana

$$n = \frac{m}{M_r} \text{ atau dengan rumus}$$

$$M = \frac{m}{M_r} \times \frac{1000}{mL}$$

Sehingga rumus yang digunakan untuk menentukan massa AgNO<sub>3</sub> yaitu:

$$m = \frac{M \times M_r \times mL}{1000}$$

Jadi massa AgNO<sub>3</sub> yang dibutukan untuk membuat larutan AgNO<sub>3</sub> 3 mM yaitu:

$$m = \frac{0,003 \times 170 \times 1000}{1000}$$

$$m = 0.51 \text{ gram}$$

## Lampiran 2.

### Perhitungan pembuatan larutan $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 1%

Diketahui: massa serbuk  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  = 1 gram

Konsentrasi yang diinginkan sebesar 1%. Dengan persamaan sebagai berikut:

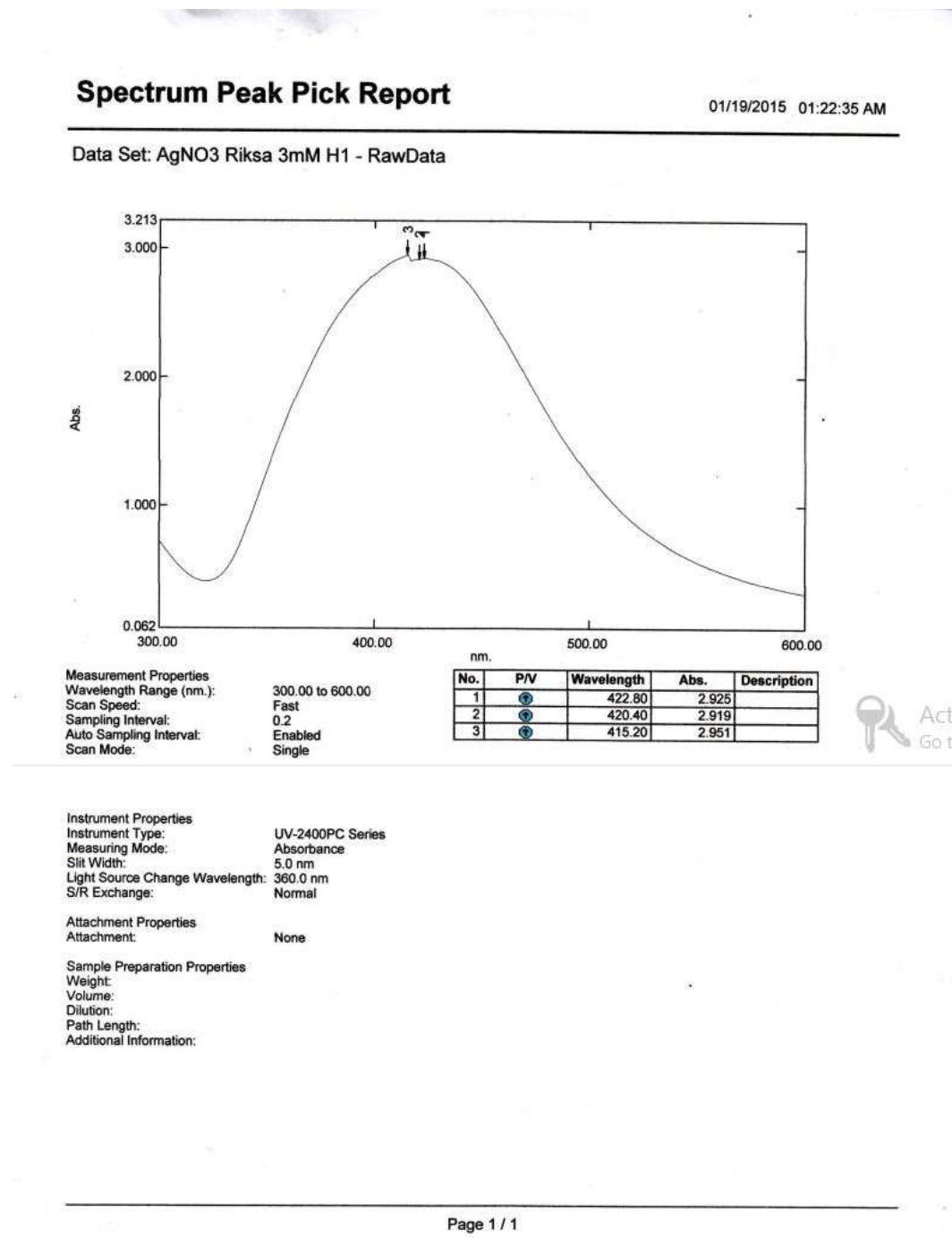
$$1\% = \frac{1 \text{ gram}}{(jumlah volume aquades dalam mL)} \times 100\%$$

Maka untuk membuat larutan  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  1% dibutuhkan *aquades* sebanyak 100 mL untuk melarutkan 1 gram serbuk  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ .

### Lampiran 3.

#### Hasil Uji UV-Vis Larutan Nanopartikel 3 mM

##### a. Hasil Uji UV-Vis Larutan Nanopartikel Perak Hari Pertama

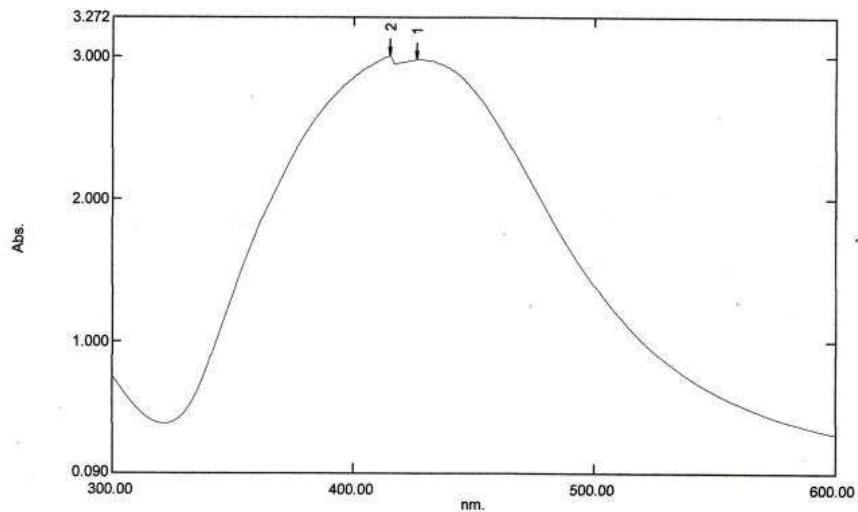


## b. Hasil Uji UV-Vis Larutan Nanopartikel Perak Hari Kedua

### Spectrum Peak Pick Report

01/20/2015 01:34:33 PM

Data Set: AgNO<sub>3</sub> Riksa 3 mM A H<sub>2</sub> - RawData



#### Measurement Properties

Wavelength Range (nm.): 300.00 to 600.00  
Scan Speed: Fast  
Sampling Interval: 0.2  
Auto Sampling Interval: Enabled  
Scan Mode: Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	426.00	2.980	
2	●	415.20	3.007	



#### Instrument Properties

Instrument Type: UV-2400PC Series  
Measuring Mode: Absorbance  
Slit Width: 5.0 nm  
Light Source Change Wavelength: 360.0 nm  
S/R Exchange: Normal

#### Attachment Properties

Attachment: None

#### Sample Preparation Properties

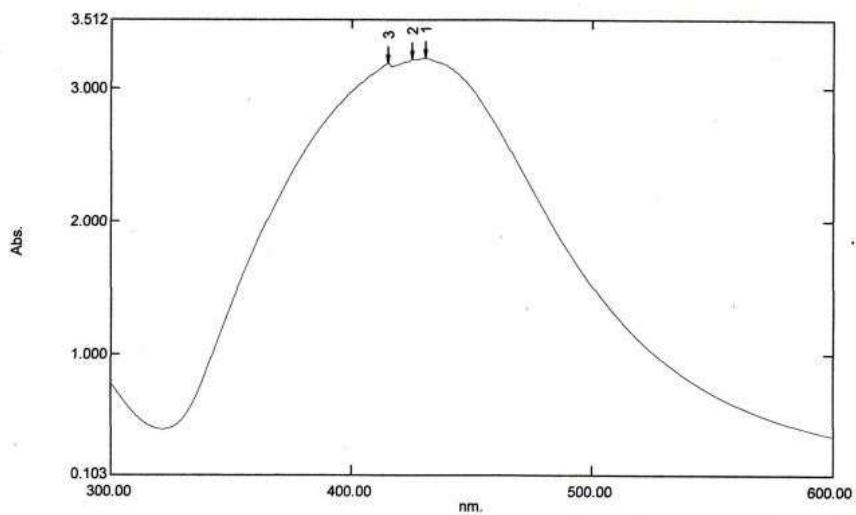
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

### c. Hasil Uji UV-Vis Larutan Nanopartikel Perak Hari Ketiga

#### Spectrum Peak Pick Report

01/21/2015 02:16:59 PM

Data Set: AgNO<sub>3</sub> Riksa 3mM AH3 - RawData



##### Measurement Properties

Wavelength Range (nm.): 300.00 to 600.00  
Scan Speed: Fast  
Sampling Interval: 0.2  
Auto Sampling Interval: Enabled  
Scan Mode: Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	430.40	3.228	
2	●	425.20	3.216	
3	●	415.00	3.187	



##### Instrument Properties

Instrument Type: UV-2400PC Series  
Measuring Mode: Absorbance  
Slit Width: 5.0 nm  
Light Source Change Wavelength: 360.0 nm  
S/R Exchange: Normal

##### Attachment Properties

Attachment: None

##### Sample Preparation Properties

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