

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN ELEKTROLIT H₂SO₄
TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN AKI KERING
BEKAS SETELAH DITAMBAH LARUTAN NANOPARTIKEL PERAK**

SKRIPSI

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



Disusun oleh
JOHAN HARYANTO
11306144015

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

TUGAS AKHIR SKRIPSI

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN ELEKTROLIT H₂SO₄
TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN AKI KERING
BEKAS SETELAH DITAMBAH LARUTAN NANOPARTIKEL PERAK**



Yogyakarta, 12 Februari 2018

Pembimbing

W.S. Brams Dwandaru, Ph.D

NIP 19800129 200501 1 003

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Pengaruh Konsentrasi Larutan Elektrolit H₂SO₄ Terhadap Tegangan dan Arus Keluaran Aki Kering Bekas Setelah Ditambah Larutan Nanopartikel Perak” yang disusun oleh Johan Haryanto, NIM 11306144015 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 23 Februari 2018 dan telah dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1. <u>W.S. Brams Dwandaru, Ph.D</u> NIP. 19800129200501 1 003	Ketua Penguji		9 - 3 - 2018
2. <u>Nur Kadarisman, M.Si</u> NIP. 19640205199101 1 001	Sekretaris Penguji		9 - 3 - 2018
3. <u>Dr. Supardi</u> NIP. 19711015199802 1 001	Penguji Utama		9 - 3 - 2018

Yogyakarta, 13 Maret 2018

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan



Dr. Hartono, M.Si

NIP. 19620329198702 1 002

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Johan Haryanto
NIM : 11306144015
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Pengaruh Konsentrasi Larutan Elektrolit H_2SO_4 Terhadap
Tegangan Dan Arus Keluaran Aki Kering Bekas Setelah
Ditambah Larutan Nanopartikel Perak

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. Apabila terbukti pernyataan saya tidak benar, sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 13 Maret 2018

Yang menyatakan,



Johan Haryanto

NIM 11306144015

MOTTO

“Nikmati dan syukuri apa yang kamu hadapi sekarang dengan senyum terindahmu”

- (OLV) -

“Beranilah keluar dari zona nyamanmu dan nikmati setiap detik yang kamu miliki. Karena semua itu tak akan kembali dengan keadaan yang benar sama”

- (OLV) -

KARYA INI SAYA PERSEMBAHKAN UNTUK

Keluargaku tercinta

Ayahku Bambang Haryanto, Ibuku Agustin Rahayu,

Dan adik-adikku Melisa Agustin dan Musa Haryanto tersayang.

Tak luput teman satu tim,

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

Dan,

yang selalu mengajarku menjadi seorang dewasa

Bpk. Darsono dan Bpk. Daryanto

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN ELEKTROLIT
H₂SO₄ TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN AKI
KERING BEKAS SETELAH DITAMBAH LARUTAN
NANOPARTIKEL PERAK**

Oleh:
Johan Haryanto
11306144015

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk i) mengetahui pengaruh konsentrasi larutan elektrolit H₂SO₄ terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak 3 mM, ii) untuk mengetahui konsentrasi larutan elektrolit H₂SO₄ yang memberikan pengaruh secara maksimal terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak 3 mM, iii) mengetahui perbandingan tegangan dan arus keluaran aki kering bekas yang ditambahkan nanopartikel perak dan larutan elektrolit H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi dan tanpa nanopartikel perak dan larutan elektrolit H₂SO₄.

Penelitian ini dimulai dengan membuat nanopartikel AgNO₃ yang berkonsentrasi 3 mM untuk setiap penelitian yang dilakukan. Selanjutnya, menguji kualitas larutan nanopartikel perak dengan uji Spektrofotometer UV-Vis. Kemudian, membuat larutan elektrolit H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi yaitu 50%, 40%, 30%, 20%, dan 10%. Selanjutnya, mencampur 1 mL masing-masing konsentrasi H₂SO₄ dengan 3 mL larutan nanopartikel perak 3 mM dan menguji larutan tersebut dengan uji Spektrofotometer UV-Vis. Kemudian, 4 mL larutan campuran ditambahkan ke dalam aki kering bekas. Pengukuran tegangan dan arus keluaran aki kering bekas dilakukan pada larutan berkualitas baik selama empat jam dengan pemakaian lampu LED.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa konsentrasi larutan elektrolit H₂SO₄ memiliki pengaruh terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas yang berisi larutan H₂SO₄ dan larutan nanopartikel perak 3 mM. Konsentrasi larutan elektrolit H₂SO₄ yang memberikan pengaruh secara maksimal terhadap tegangan keluaran aki kering bekas adalah larutan elektrolit H₂SO₄ yang memiliki konsentrasi 50%. Konsentrasi larutan elektrolit H₂SO₄ yang memberikan pengaruh secara maksimal terhadap arus keluaran aki kering bekas adalah larutan elektrolit H₂SO₄ yang memiliki konsentrasi 50%.

Kata kunci: *nano, nanopartikel perak, aki kering bekas, asam sulfat, pengaruh konsentrasi H₂SO₄ dan nanopartikel perak terhadap keluaran tegangan dan arus listrik*

THE EFFECT OF H₂SO₄ SOLUTION CONCENTRATE TOWARD THE OUTPUT VOLTAGE AND ELECTRIC CURRENT IN THE USED DRY ACCUMULATOR AFTER ADDED BY SILVER NANOPARTICLES SOLUTION

By:
Johan Haryanto
11306144015

ABSTRACT

This study aims to i) to know the effect of H₂SO₄ electrolyte solution concentration toward the output voltage and electric current of the used dry accumulator after added 3 mM nanosilver solution ii) to find out the concentration of H₂SO₄ electrolyte solution which gives maximal influence toward the output voltage and electric current of the used dry accumulator after added 3 mM nanosilver solution, iii) to know the ratio of output voltage and electric current of the used dry accumulator which added nanosilver and H₂SO₄ electrolyte solution with variations of concentration and without nanosilver and H₂SO₄ electrolyte solution.

This research begin by make AgNO₃ nanoparticles concentrated 3 mM for each research performed. Next, tested the quality of the silver nanoparticle solution with the UV-Vis Spectrophotometer test. Then, make a solution of electrolyte H₂SO₄ with variation of concentration that is 50%, 40%, 30%, 20%, and 10%. Next, mix 1 mL of each H₂SO₄ concentration with 3 mL silver nanoparticle solution 3 mM and test the solution with a UV-Vis Spectrophotometer test. Then, 4 mL of the mixed solution is added to the used dry accumulator. Measurements of the output voltage and electric current of the used dry accumulator are carried out in a good quality solution until four hours with the use of LED lights.

Based on the results obtained, it is known that the concentration of H₂SO₄ electrolyte solution has an effect on the output voltage and electric current of the used dry accumulator which contains H₂SO₄ solution and silver nanoparticle solution 3 mM. The concentration of H₂SO₄ electrolyte solution which gives maximal effect to the output voltage of the used dry accumulator is H₂SO₄ electrolyte solution which has 50% concentration. The concentration of H₂SO₄ electrolyte solution which gives maximal effect to the electric current of the used dry accumulator is H₂SO₄ electrolyte solution which has 50% concentration.

Keywords: *nano, silver nanoparticles, used dry accumulator, sulfuric acid, the effect of H₂SO₄ concentration and nanosilver toward the output voltage and electric current*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas nikmat yang senantiasa Allah SWT berikan sehingga penelitian yang berjudul **“PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN ELEKTROLIT H₂SO₄ TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN AKI KERING BEKAS SETELAH DITAMBAH LARUTAN NANOPARTIKEL PERAK”** 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. W.S Brams Dwandaru, Ph.D, selaku dosen pembimbing 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.
2. Dr. Hartono, selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Yusman Wiyatmo, M.Si, selaku ketua Jurdik Pendidikan Fisika FMIPA UNY.
4. Nur Kadarisman, M.Sc, selaku Ketua Prodi Fisika FMIPA UNY.
5. Agus Purwanto, M.Sc, selaku Penasehat Akademik yang selalu memberi motivasi dan arahan selama menjadi mahasiswa Universitas Negeri Yogyakarta.

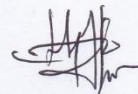
6. Semua Dosen Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah banyak memberi ilmunya kepada kami selama kami menuntut ilmu.
7. Haris Murtanto, selaku petugas laboratorium Fisika Koloid Jurusan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah bersedia menyediakan tempat dan alat selama penelitian berlangsung.

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, 13 Maret 2018

Penulis,



Johan Haryanto

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanosains dan Nanoteknologi	9
1. Aplikasi Nanopartikel pada Cat	12
2. Aplikasi Nanopartikel pada Kabel Mikro	14
3. Aplikasi Nanopartikel pada Perawatan Medis	14
B. Nanopartikel Perak (<i>Nanosilver</i>).....	15
C. Pembuatan Nanopartikel Perak	18
D. Aki (<i>accumulator</i>).....	19
E. Larutan elektrolit H ₂ SO ₄ (<i>sulfuric acid</i>).....	23
1. Tahap 1: Pembuatan <i>sulfure dioxide</i>	23
2. Tahap 2: Pembuatan <i>sulfure trioxide</i>	23
3. Tahap 3: Penyerapan SO ₃ dalam bentuk asam sulfat.....	23
F. Spektrofotometer UV-Vis	24

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	28
B. Variabel Penelitian	28
1. Variabel Bebas	28
2. Variabel Terikat	28
3. Variabel Kontrol	28
C. Jenis Penelitian	29
D. Alat dan Bahan.....	29
1. Alat-alat Penelitian.....	29

2. Bahan-bahan Penelitian.....	30
3. Skema Alat Penelitian	31
E. Langkah Kerja.....	31
1. Tahap Pembuatan Larutan AgNO ₃ 3 mM.....	32
2. Tahap Pembuatan Larutan H ₂ SO ₄ berkonsentrasi 50%	33
3. Tahap Pengenceran Larutan H ₂ SO ₄ (<i>sulfate acid</i>).....	33
4. Tahap Pembuatan Larutan Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇ (<i>trisodium citrate</i>) 1%	34
5. Tahap Sintesis Nanopartikel Perak	34
6. Tahap Uji UV-Vis	35
7. Penambahan Nanopartikel Perak ke dalam Aki kering.....	36
8. Pengukuran Tegangan dan Arus Keluaran.....	36
F. Teknik analisis Data	37
1. Uji UV-Vis Nanopartikel Perak.....	37
2. Uji secara Grafik Tegangan dan Arus Keluaran Aki	37
G. Karangan Berfikir.....	37
H. Diagram Alir	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Sintesis Nanopartikel Perak (<i>Nanosilver</i>).....	41
B. Pembuatan Larutan H₂SO₄ konsentrasi 50%.....	42
C. Penambahan Larutan Nanopartikel Perak ke dalam Larutan H₂SO₄	43
D. Hasil UV-Vis.....	44

E. Hasil Keluaran Tegangan Aki Kering Bekas dengan Penambahan Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Larutan H ₂ SO ₄ dan Tanpa Penambahan Nanopartikel Perak + Larutan H ₂ SO ₄ pada Rangkaian LED	48
F. Hasil Keluaran Arus Aki Kering Bekas dengan Penambahan Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Larutan H ₂ SO ₄ dan Tanpa Penambahan Nanopartikel Perak + Larutan H ₂ SO ₄ pada Rangkaian LED	56
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	64
B. Saran.....	65
 DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar

1. Jenis aki untuk sepeda motor: a) aki basah dan b) aki kering atau aki MF (*maintenance free*). 2
2. Berbagai obyek alam dan gejala alam yang memiliki ukuran (a) bola berukuran 220 mm, (b) kutu berukuran 1 mm, (c) rambut manusia berukuran 80 μm , (d) sel darah merah berukuran 7 μm , (e) virus *Icosahedral* berukuran 150 nm, (f) protein DNA berukuran 2 nm, (g) Karbon 60 berukuran 0,7 nm 9
3. Foto mobil yang mengaplikasikan nanopartikel Au pada warna *red pearl mica* 13
4. Nanpartikel Au yang diaplikasikan dalam sel a) Nanopartikel Au yang tersebar pada sel yang sehat b) Nanopartikel terkonsentrasi pada sel kanker 15
5. Sifat optis bahan nano bergantung pada ukuran partikelnya. Semakin besar ukuran partikel maka emisi hasil uji UV akan bergeser kearah warna merah (panjang gelombang makin besar) 17
6. Gambar perakitan aki kering 22
7. Asam sulfat harus ditambahkan ke dalam air, bukan sebaliknya 24
8. a) Spektrofotometer UV-Vis, (b) Diagram skematik alat Spektotometer UV-Vis 26
9. Skema pengukuran dengan lampu 4 LED 31
10. (a) Sintesis nanopartikel perak pada saat di dalam air mendidih,

	(b) Perubahan warna perak nitrat menjadi kekuning-kuningan.....	35
11.	Nanopartikel 3 mM yang telah disintesis berwarna kuning kecoklatan.	42
12.	Grafik hasil uji UV-Vis larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM ditambah dengan larutan H ₂ SO ₄ dengan konsentrasi (a) sebesar 10% (b) sebesar 20% (c) sebesar 30% (d) sebesar 40% dan (e) sebesar 50%	47
13.	Grafik <i>fitting</i> keluaran tegangan listrik pada aki kering bekas dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu (a) tanpa nanopartikel perak (b) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 10% (c) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 20% (d) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 30% (e) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 40% (f) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 50%	51
14.	Grafik <i>fitting</i> keluaran tegangan listrik pada aki kering bekas dengan bentuk fungsi linier (a) tanpa nanopartikel perak (b) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 10% (c) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 20% (d) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 30% (e) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 40% (f) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 50%	54
15.	Grafik <i>fitting</i> keluaran arus listrik pada aki kering bekas dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu (a) tanpa nanopartikel perak (b) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 10% (c)	

nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 20% (d)	
nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 30% (e)	
nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 40% (f)	
nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 50%	58
16. Grafik <i>fitting</i> keluaran arus listrik pada aki kering bekas dengan bentuk fungsi linier (a) tanpa nanopartikel perak (b) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 10% (c) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 20% (d) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 30% (e) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 40% (f) nanopartikel perak 3 mM + larutan H ₂ SO ₄ konsentrasi 50%	61

DAFTAR TABEL

Tabel

1.	Definisi nanopartikel dan nanomaterial menurut beberapa organisasi dunia.	11
2.	Hubungan antara warna dengan panjang gelombang sinar tampak	25
3.	Perbandingan ukuran partikel terhadap panjang gelombang partikel ...	27
4.	Perbandingan panjang gelombang puncak pada absorbansi maksimum dan nilai absorbansi nanopartikel perak.....	47
5.	Perbandingan fungsi tegangan keluaran aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 memakai <i>fitting</i> Origin dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu disertai dengan nilai R^2	52
6.	Perbandingan fungsi tegangan keluaran aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 memakai <i>fitting</i> Origin dengan bentuk fungsi linier disertai dengan nilai R^2	55
7.	Perbandingan fungsi dan arus keluaran aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 memakai <i>fitting</i> Origin dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu disertai dengan nilai R^2	59
8.	Perbandingan fungsi dan arus keluaran aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi	

	larutan H ₂ SO ₄ memakai <i>fitting</i> Origin dengan bentuk fungsi linier disertai dengan nilai R ²	61
9.	Perbandingan tegangan dan arus keluaran aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H ₂ SO ₄ memakai <i>fitting</i> Origin dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1.	Perhitungan massa serbuk AgNO_3 untuk membuat larutan AgNO_3 3 mM.....	68
2.	Pembuatan larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi sebesar 50%	69
3.	Perhitungan pembuatan larutan $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 1%	72
4.	Perhitungan Rerata Hasil Tegangan dan Arus Keluaran	73
5.	Tabel Tegangan dan Arus Keluaran Aki Kering Bekas	74

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Energi merupakan aspek mendasar bagi kehidupan manusia. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan peradaban manusia, kebutuhan terhadap energi akan semakin meningkat. Pada era saat ini, sebagian besar energi diperoleh dari energi tidak terbarukan seperti batu bara, minyak bumi, gas alam dan sebagainya. Padahal, energi tak terbarukan persediannya semakin hari semakin menyusut. Jika hal ini tidak dapat diatasi, maka terjadinya krisis energi tidak dapat dicegah lagi.

Manusia berusaha untuk menemukan energi alternatif demi kelangsungan hidup umat manusia. Berbagai macam penelitian dilakukan untuk menemukan energi terbarukan yang bermanfaat, baik dari segi ekonomi maupun segi lingkungan. Salah satu sumber energi yang banyak digunakan hingga saat ini adalah akumulator (aki). Akumulator merupakan suatu alat dimana energi listrik diubah menjadi energi kimia (mengisi) dan dalam 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) (Steve,2000).

Jenis aki yang paling banyak dipakai adalah jenis aki timah. Larutan elektrolit yang dipakai adalah asam belerang yang dilarutkan dalam air ($H_2SO_4 + H_2O$). Ketika mengukur massa jenisnya, diketahui elektrolit tersebut terdapat muatan atau tidak. Jika massa jenis menunjukkan nilai yang berkisar antara $1,25-1,28 \text{ gr/cm}^3$, maka elektrolit tersebut bermuatan, sedangkan jika nilainya berkisar antara $1,16-1,18 \text{ gr/cm}^3$ maka elektrolit tersebut tidak bermuatan. Pada tiap sel aki memiliki tegangan sebesar 2 V. Jadi, aki 12 V terdiri dari 6 sel dan aki 24 V terdiri dari 12 sel.



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

Aki merupakan komponen penting dalam sistem kelistrikan kendaraan bermotor. Ada dua jenis aki yang digunakan masyarakat untuk kendaraan bermotornya yaitu aki basah dan aki kering. 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).

Aki kering merupakan model pengembangan dari aki basah. Di masyarakat aki kering 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 kering akan mengalami *drop voltage* akibat dari berkurangnya larutan asam sulfat (*sulfure acid*) di dalam setiap selnya. Kenyataan di masyarakat menunjukkan bahwa aki kering biasanya digunakan hanya sekali dalam penggunaannya. Seiring perkembangan teknologi, aki kering mampu di-charge ulang dan dapat digunakan kembali. Ketika mengganti aki kering yang baru. Di bengkel-bengkel kendaraan bermotor biasanya menghargai aki kering bekas sebesar Rp 10.000 sampai Rp 75.000 tergantung ukuran aki kering tersebut.

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 millimeter, atau seper satu miliar meter (Tery.W, 2010).

Penelitian tentang nanopartikel sedang berkembang saat ini karena dapat diaplikasikan secara luas baik di bidang pertanian, lingkungan, elektronik, optik, dan sebagainya. Dengan nanoteknologi, sumber daya alam yang dimiliki Indonesia dapat dikembangkan dan memiliki nilai tambah. 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, 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 (Michael, 2009). Sintesis nanopartikel dengan mengontrol ukuran nanopartikel telah menjadi fokus penelitian yang menarik. Pertumbuhan proses nanokristalin dikendalikan oleh konsentrasi garam perak dan stabilisator (Echmand.K, 2011).

Asam sulfat merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Asam sulfat termasuk dalam golongan elektrolit kuat yang dapat menghantarkan listrik. Hal inilah yang

menjadi alasan asam sulfat sering digunakan sebagai bahan akumulator (accu/aki) dan baterai. Melalui penelitian ini diharapkan nanopartikel perak dapat menjadi penguat tegangan 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 kering bekas yang berisi larutan asam sulfat (H_2SO_4). Seperti yang diketahui, bahwa asam sulfat biasa digunakan sebagai bahan utama akumulator baik basah maupun kering. Dalam hal ini, variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Pendayagunaan aki kering bekas yang belum banyak dilakukan masyarakat sebagai upaya untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik.
2. Informasi tentang kegunaan larutan nanopartikel perak sebagai penguat tegangan dan arus keluaran aki kering bekas yang berisi larutan H_2SO_4 masih terbatas.
3. Informasi tentang pengaruh penambahan larutan nanopartikel perak terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas yang berisi larutan H_2SO_4 masih terbatas.

C. Batasan Masalah

Dari 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 kering bekas yang telah *discharge* sampai tegangan maksimal yaitu 12,36 volt dengan tujuan dapat membandingkan kinerja akumulator akibat perlakuan yang diberikan.
2. Penambahan nanopartikel menggunakan larutan AgNO_3 dengan konsentrasi 3 mM.
3. Dari penambahan larutan nanopartikel dan H_2SO_4 hanya diamati perubahan tegangan dan arus keluaran dari aki kering bekas.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi larutan elektrolit H_2SO_4 terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak?
2. Berapakah konsentrasi larutan elektrolit H_2SO_4 yang memberikan pengaruh secara maksimal terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak?

3. Bagaimanakah perbandingan tegangan dan arus keluaran aki kering bekas yang ditambahkan nanopartikel perak + larutan elektrolit H_2SO_4 dan tanpa nanopartikel perak + larutan elektrolit H_2SO_4 ?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi larutan elektrolit H_2SO_4 terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak 3 mM.
2. Mengetahui konsentrasi larutan elektrolit H_2SO_4 yang memberikan pengaruh maksimal terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak 3 mM.
3. Mengetahui perbandingan tegangan dan arus keluaran aki kering bekas yang ditambahkan *nanosilver* + larutan elektrolit H_2SO_4 dengan variasi konsentrasi dan tanpa *nanosilver* + larutan elektrolit H_2SO_4 .

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Mendapat informasi mengenai pengaruh konsentrasi larutan elektrolit H_2SO_4 terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak 3 mM.
2. Mengetahui informasi mengenai konsentrasi larutan elektrolit H_2SO_4 yang memberikan pengaruh maksimal terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak 3 mM.

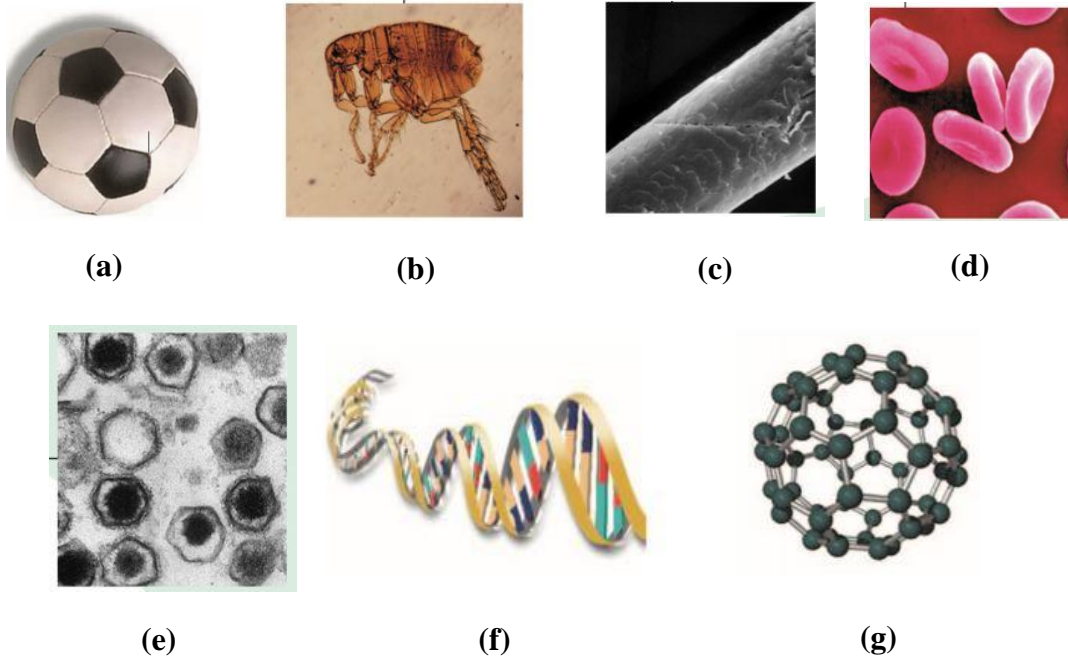
3. Mengetahui informasi mengenai perbandingan tegangan dan arus keluaran aki kering bekas yang ditambahkan *nanosilver* + larutan elektrolit H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi dan tanpa *nanosilver* + larutan elektrolit H₂SO₄.
4. Dapat memicu perhatian civitas akademika untuk melakukan penelitian-penelitian lainnya di bidang nanosains dan nanoteknologi.
5. 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, (Erwin, 2004:2). Berikut contoh obyek alam maupun gejala alam dalam ukuran millimeter hingga nanometer.



Gambar 2. Berbagai obyek alam dan gejala alam yang memiliki ukuran (a) bola berukuran 220 mm, (b) kutu berukuran 1 mm, (c) rambut manusia berukuran 80 μ m, (d) sel darah merah berukuran 7 μ 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, (Erwin, 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 yang 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) (Nick dan Horikoshi, 2013). Berikut ini kumpulan definisi nanopartikel menurut beberapa organisasi dunia.

Tabel 1. Definisi nanopartikel dan nanomaterial menurut beberapa organisasi dunia. (Nick dan Horikhosi, 2013).

Definisi dari sumber	Nanopartikel	Nanomaterial
ISO <i>(International Organization for Standardization)</i>	Diameter partikel antara 1-100 nm	Material yang salah satu sisinya atau struktur internalnya dalam skala nano
ASTM <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
NIOSH <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
SCCP	Pada salah satu sisinya memiliki skala nano	Material yang salah satu sisinya atau

<i>(Scientific Committee on Consumer Products)</i>		struktur internalnya dalam skala nano
BSI <i>(British Standards Institution)</i>	Pada seluruh bidang atau diameter dalam skala nano	Materiaal 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. Sedangkan nanopartikel perak berwarna abu-abu kekuningan. Pada nanopartikel platinum dan paladium berwarna hitam (Nick dan Horikhosi, 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. Pada saat ukuran partikel berkurang dan mendekati ukuran 3 nm, logam Au mengalami gradasi warna dari warna ungu kemudian ke warna

merah. Nanopartikel menarik perhatian sebagai bahan warna dan penggunaannya telah diaplikasikan di berbagai bidang. Gambar 3 menggambarkan foto dari mobil untuk 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 bahkan lebih, dan karena mobil ini dilapisi nanopartikel Au hampir tidak ada pemantulan 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.

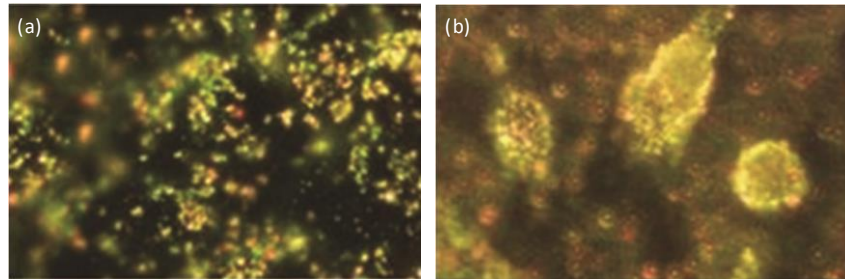
2. Aplikasi Nanopartikel pada Kabel Mikro

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. Sehingga 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.

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 sehat 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. Ketika sel kanker terdeteksi, antibodi dan nanopartikel Au terkonsentrasi di sel kanker tersebut.



Gambar 4. Nanopartikel 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. Grede, seorang dokter asal Jerman telah menggunakan larutan perak nitrat sebagai antibiotik untuk mengatasi infeksi selama Perang Dunia I. Dengan 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 dalam era dunia kedokteran yang modern saat ini, penggunaan nanopartikel perak (*nanosilver*) digunakan untuk penanganan berbagai penyakit yang disebabkan bakteri, jamur,

ragi, dan virus dengan konsentrasi dalam satuan ppm yang merupakan batas aman bagi manusia (Julianta, 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 elektrostatik yang berasal dari kehilangan elektron valensinya. Seperti yang diketahui, skala nanometer berada dalam dunia mikroskopis dimana perilakunya 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. Sehingga 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. Untuk 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 pathogen dan jamur. (Quang Huy, 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 (AgNO_3) dengan trisodium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) pada suhu air mendidih (100°C). Larutan perak (AgNO_3) dengan konsentrasi 3 mM dipanaskan hingga suhu 100°C . Untuk zat pereduksi dan zat stabilisatornya digunakan trisodium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) 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 stabilisator 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 (Zhi Qiang, 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 bahasa itu mempunyai suatu arti yang dituju yaitu “accumulate” yang berarti menimbun, mengumpulkan, dan menyimpan.

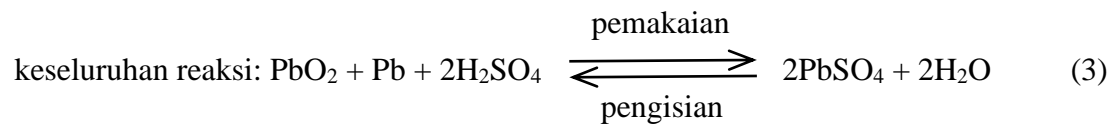
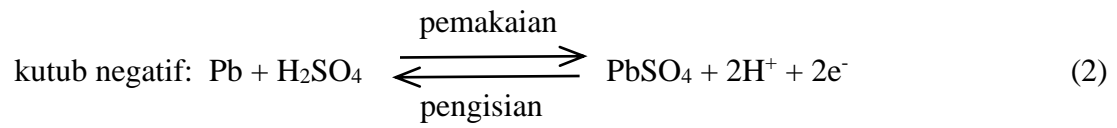
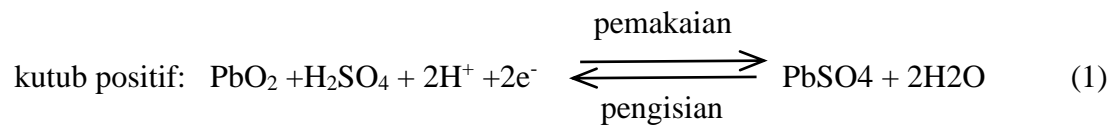
Aki biasanya terdiri dari: Sebuah bak gelas atau ebonit yang di dalamnya terisi oleh cairan asam belerang (H_2SO_4) yang sekurang-kurangnya dimasukkan 3 buah plat yang dibuat dari oksida plumbuis (PbO). Di dalam susunan yang terdapat pada gambar 6 bahwa plat yang berada di tengah-tengah separator itu akan menjadi plat positif terbuat dari oksida plumbuis (PbO) sedangkan untuk kutub negatifnya 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 ebonite 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, (Steve, 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, (Jana, 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, (Jana, dkk, 2008).

Untuk menjaga agar 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 kering:



E. Larutan elektrolit H₂SO₄ (*sulfuric acid*)

Asam sulfat merupakan salah satu asam mineral (anorganik) yang tergolong asam kuat. Dalam kimia, senyawa ini biasa ditulis dengan rumus H₂SO₄. 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 (H₂SO₄) terdapat 3 tahap dalam pembuatannya, yaitu:

1. Tahap 1 : Pembuatan *sulfure dioxide*

Sulfur melalui proses pembakaran dengan oksigen sehingga menghasilkan SO₂,



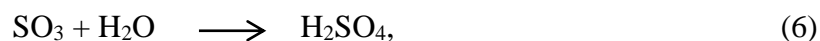
2. Tahap 2: Pembuatan *sulfure trioxide*

SO₂ dipertemukan dengan oksigen dalam katalis V₂O₅ yang bertekanan sehingga menghasilkan SO₃,



3. Tahap 3: Penyerapan SO₃ dalam bentuk asam sulfat

SO₃ menyerap H₂O sehingga diperoleh H₂SO₄,





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 (Leonard, 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 moderen. 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 relative jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau didefinisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometer adalah alat yang terdiri dari spectrometer dan fotometer.

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

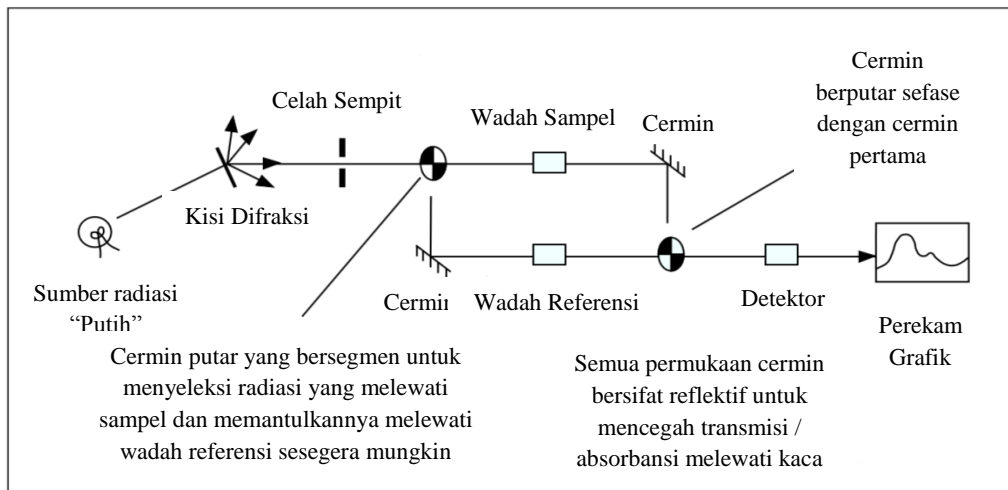
Tabel 2. Hubungan antara warna dengan panjang gelombang sinar tampak, (Erwin, 2004).

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

Dari hasil spektrofotometer UV-Vis, nilai absorbansi 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 (Daniel, 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 yang digunakan dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat divariasikan sepanjang eksperimen. Dalam penelitian ini, variabel bebasnya adalah konsentrasi larutan H_2SO_4 .

2. Variabel Tergayut (Terikat)

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi variabel bebas selama eksperimen. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tegangan dan arus keluaran aki kering bekas.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dipertahankan tetap selama percobaan. 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.
- e. Waktu pengukuran keluaran tegangan dan arus dari aki bekas.

C. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk preparasi dan sintesis nanopartikel perak yang nantinya akan dimasukkan ke dalam aki kering bekas. Selanjutnya aki kering 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 kering 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 (3 buah),
- o. *charger* aki (1 buah),
- p. pengaduk (1 buah),
- q. *stopwatch* (1 buah).

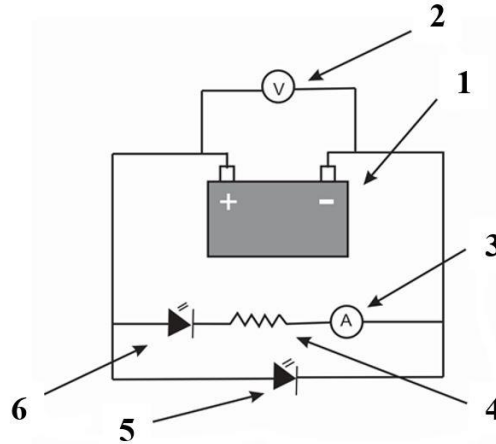
2. Bahan-bahan Penelitian

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. AgNO_3 (*silver nitrate*) (1 gram),
- c. H_2SO_4 (*sulfate acid*) konsentrasi 30% (200 mL),
- d. *aquades* (2 liter).

3. Skema Alat Penelitian

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



Gambar 9. Skema pengukuran dengan lampu 4 LED.

keterangan:

1. aki kering bekas,
2. voltmeter,
3. amperemeter,
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 AgNO₃ 3mM

Larutan AgNO₃ yang dibuat pertama adalah larutan AgNO₃ dengan konsentrasi 3 mM. Pembuatan larutan AgNO₃ ini dilakukan dengan melarutkan AgNO₃ yang berupa serbuk dalam *aquades*. Jumlah massa serbuk AgNO₃ dengan Mr (massa relatif) = 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 AgNO₃ dengan *aquades* yaitu 0,51 gram AgNO₃ dan 1 L *aquades*. Adapun langkah-langkah pembuatan larutan AgNO₃ 3 mM sebagai berikut:

- a. Menimbang serbuk AgNO₃ (*silver nitrate*) sebanyak 0,51 gram.
- b. Menyiapkan 1 L *aquades*
- c. Memasukkan serbuk AgNO₃ sedikit demi sedikit dan *aquades* secara bersamaan ke dalam tabung *enlemeyer*.
- d. Mengocok secara perlahan sehingga AgNO₃ dan *aquades* tercampur merata menjadi larutan AgNO₃ 3 mM.

2. Tahap Pembuatan Larutan H₂SO₄ konsentrasi 50 %

Untuk pembuatan larutan H₂SO₄ (*sulfate acid*) konsentrasi 50% dilakukan dengan cara memanaskan larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% dengan rumus:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2, \quad (2)$$

Dengan M₁ dan V₁ adalah molaritas (dalam satuan %) dan volume larutan H₂SO₄ (*sulfate acid*) konsentrasi 30% sebesar 200 mL. Sedangkan M₂ dan V₂ adalah molaritas (dalam satuan %) dan volume larutan H₂SO₄ (*sulfate acid*) yang diinginkan. Dengan demikian, konsentrasi yang diinginkan adalah 50% sehingga volume yang terbentuk adalah 120 mL.

3. Tahap Pengenceran Larutan H₂SO₄ (*sulfate acid*)

Untuk pembuatan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 10%, 20%, 30%, dan 40% dilakukan dengan cara mengencerkan larutan H₂SO₄ konsentrasi 50% dengan ditambahkan *aquades*, dengan perhitungan rumus molaritas di dapatkan:

- a. Larutan H₂SO₄ konsentrasi 10% dengan cara mengencerkan 2 mL larutan H₂SO₄ konsentrasi 50% ditambah 8 mL *aquades*.
- b. Larutan H₂SO₄ konsentrasi 20% dengan cara mengencerkan 2 mL larutan H₂SO₄ konsentrasi 50% ditambah 3 mL *aquades*.
- c. Larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% dengan cara mengencerkan 3 mL larutan H₂SO₄ konsentrasi 50% ditambah 2 mL *aquades*.

- d. Larutan H_2SO_4 konsentrasi 40% dengan cara mengencerkan 2 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 50% ditambah 0,5 mL *aquades*.

4. 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*.

5. Tahap Sintesis Nanopartikel Perak

Langkah-langkah sintesis nanopartikel perak ialah

- a. Memanaskan air hingga bersuhu 100°C menggunakan *heater* di dalam gelas beker ukuran 500 mL.
- b. Masukkan 2 mL larutan AgNO_3 dengan konsentrasi 3 mM ke dalam tabung reaksi.
- c. Masukkan larutan AgNO_3 ke dalam air yang bersuhu 100°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 (Erwin, 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, (Daniel, 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 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

6. 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. 4 mL *nanosilver* konsentrasi 3 mM,
- b. 3 mL *nanosilver* 3 mM ditambah 1 mL H₂SO₄ konsentrasi 10%,
- c. 3 mL *nanosilver* 3 mM ditambah 1 mL H₂SO₄ konsentrasi 20%,
- d. 3 mL *nanosilver* 3 mM ditambah 1 mL H₂SO₄ konsentrasi 30%,
- e. 3 mL *nanosilver* 3 mM ditambah 1 mL H₂SO₄ konsentrasi 40%,
- f. 3 mL *nanosilver* 3 mM ditambah 1 mL H₂SO₄ konsentrasi 50%.

Pengujian dilakukan di laboratorium kimia analitik.

7. Penambahan Nanopartikel Perak ke dalam Aki Kering

Penambahan nanopartikel perak + H₂SO₄ ke dalam aki kering dilakukan setelah hasil uji UV-Vis diketahui nanopartikel perak + H₂SO₄ berkualitas baik. Kemudian, memasukkan larutan nanopartikel perak + H₂SO₄ sebanyak 4 mL ke dalam aki kering yang terdiri dari 6 kotak sel secara merata dan menggoyang-goyangkannya sedemikian hingga larutan nanopartikel perak + H₂SO₄ menyebar di dalam aki kering.

8. 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.

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 literature 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 kering 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.

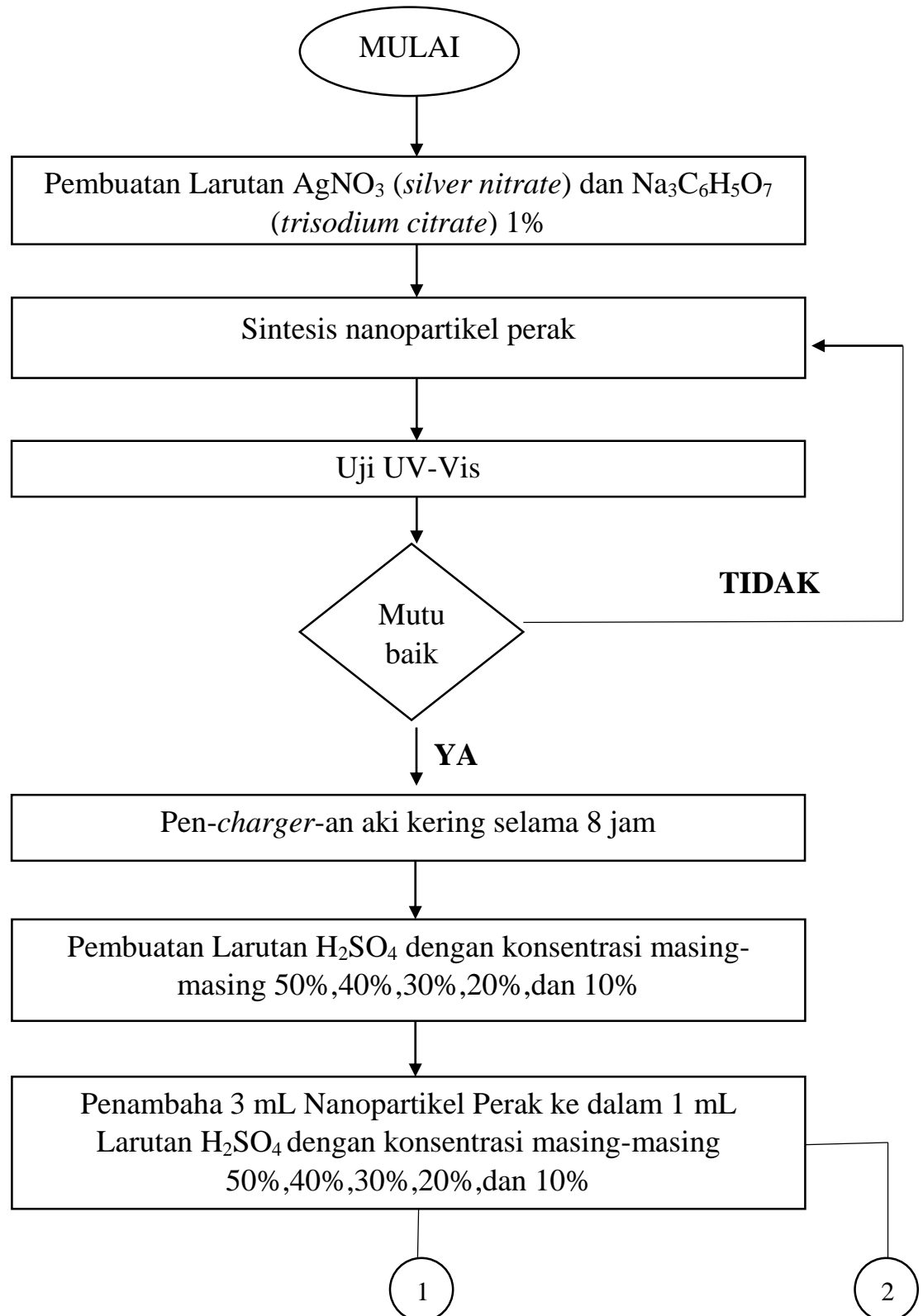
G. Karangan Berfikir

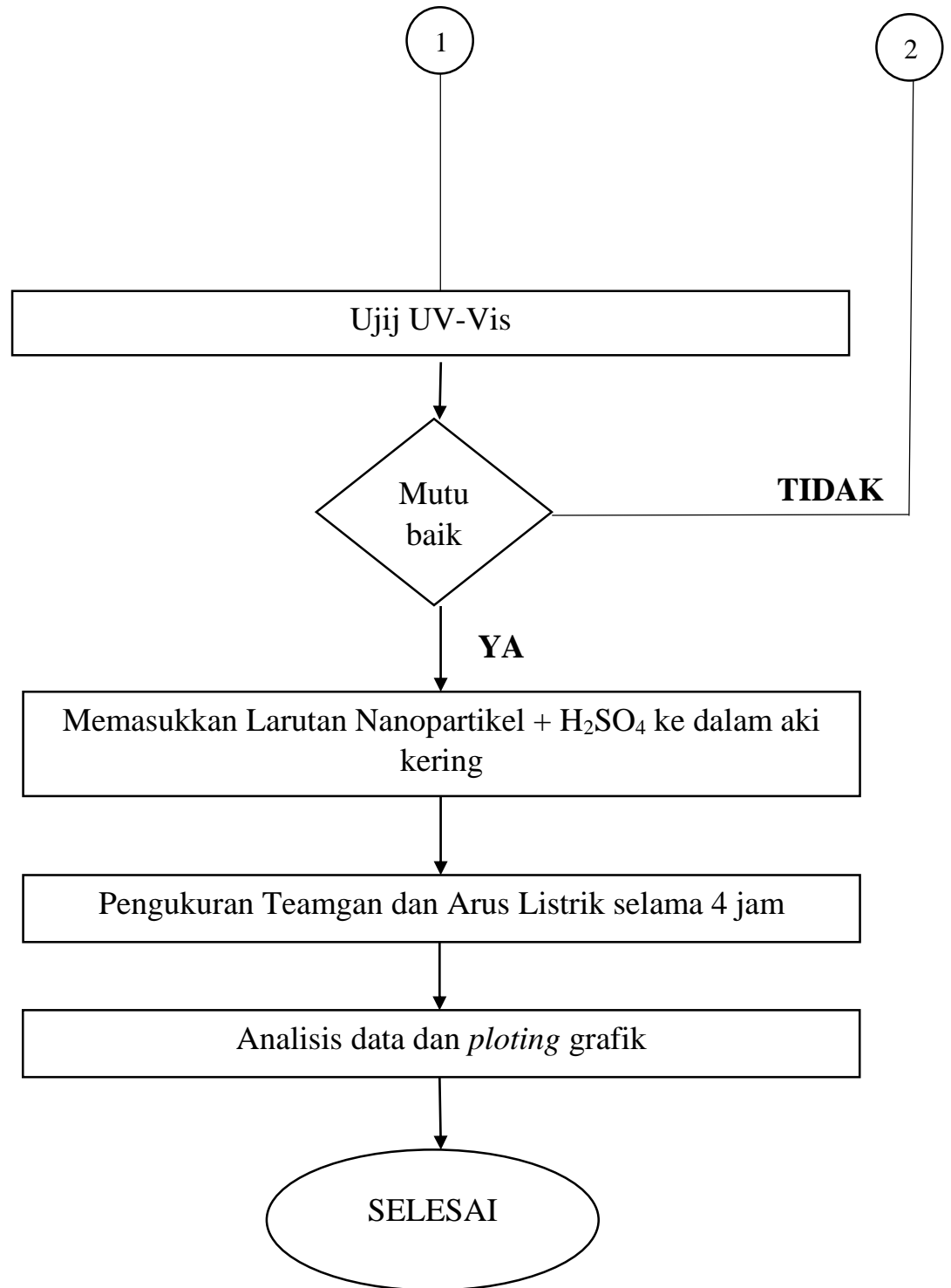
Dalam penelitian ini dilakukan pengontrolan terhadap konsentrasi garam perak untuk sintesis nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM. Dari hasil sintesis nanopartikel perak konsentrasi 3 mM, kemudian ditambahkan variasi

konsentrasi larutan H_2SO_4 10%, konsentrasi larutan H_2SO_4 20%, konsentrasi larutan H_2SO_4 30%, konsentrasi larutan H_2SO_4 40%, dan konsentrasi larutan H_2SO_4 50%. Sehingga dari variasi tersebut dapat diketahui karakteristik larutan campuran antara nanopartikel perak dengan larutan H_2SO_4 untuk masing-masing konsentrasi. Karakterisasi larutan campuran antara nanopartikel perak dengan larutan H_2SO_4 dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil uji UV-Vis akan menunjukkan panjang gelombang absorbansi dan seberapa besar serapan dari larutan campuran antara nanopartikel perak dengan larutan H_2SO_4 .

Dari penelitian sebelumnya (Rifia, 2014) diketahui bahwa nanopartikel perak yang ditambahkan pada sel Volta memberikan peningkatan tegangan keluaran pada sel Volta. Peningkatan tegangan terlihat dengan membandingkan antara sel Volta tanpa nanopartikel perak dengan sel Volta yang ditambahkan nanopartikel perak. Dalam penelitian ini, akan dilakukan penambahan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 maupun tanpa nanopartikel perak pada aki kering. Aki kering 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 larutan H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi masing – masing 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Variasi konsentrasi pada larutan H₂SO₄ dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan tegangan dan arus keluaran pada aki kering yang telah ditambahkan dengan larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi tetap 3 mM.

A. Sintesis Nanopartikel Perak (*Nanosilver*)

Penelitian ini difokuskan untuk menambahkan konsentrasi larutan asam sulfat (H₂SO₄) sebagai bahan yang diharapkan dapat meningkatkan kemampuan larutan nanopartikel perak (*nanosilver*) dalam menghasilkan tegangan dan arus keluaran dalam aki kering. Salah satu cara untuk mengoptimalkan kemampuan larutan perak nitrat (AgNO₃) adalah dengan mengubah ukuran larutan perak nitrat (AgNO₃) 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 AgNO₃ 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°C) dan dimasukkan larutan AgNO_3 sebanyak 2 mL ke dalam tabung reaksi selama ± 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 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°C).



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

B. Pembuatan Larutan H_2SO_4 konsentrasi 50%

Selain nanopartikel perak yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah senyawa H_2SO_4 (asam sulfat). Dalam pembuatan larutan ini, dapat dijelaskan sebagai berikut: pertama, memanaskan 200 mL larutan H_2SO_4

dengan konsentrasi 30% (*air accu*) hingga diperoleh volume 120 mL, yang berarti konsentrasi larutan H_2SO_4 tersebut meningkat menjadi 50%. Kedua, larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 50% tersebut diencerkan dalam 4 variasi konsentrasi yaitu konsentrasi 40%, 30%, 20%, dan 10%, untuk mendapatkan larutan H_2SO_4 konsentrasi 40% didapat dengan menambahkan 2 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 50% ke dalam 0,5 mL *aquades*, untuk mendapatkan larutan H_2SO_4 konsentrasi 30% didapat dengan menambahkan 3 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 50% ke dalam 2 mL *aquades*, untuk mendapatkan larutan H_2SO_4 konsentrasi 20% didapat dengan menambahkan 2 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 50% ke dalam 3 mL *aquades*, untuk mendapatkan larutan H_2SO_4 konsentrasi 10% didapat dengan menambahkan 2 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 50% ke dalam 8 mL *aquades*. Dalam pencampuran tidak boleh melakukan hal yang sebaliknya. Hal ini dikarenakan dalam pencampuran akan terjadi panas. Reaksi pelarutan ini sangat eksotermik. Air dapat mendidih dan memercikkan api asam apabila air ditambahkan ke dalam asam sulfat pekat. Sebab kalor ini ditimbulkan di daerah dalam air yang kurang rapat menyentuh asam yang lebih rapat secara struktural dan sifat asam sulfat yang sangat korosif.

C. Penambahan Larutan Nanopartikel Perak ke dalam Larutan H_2SO_4

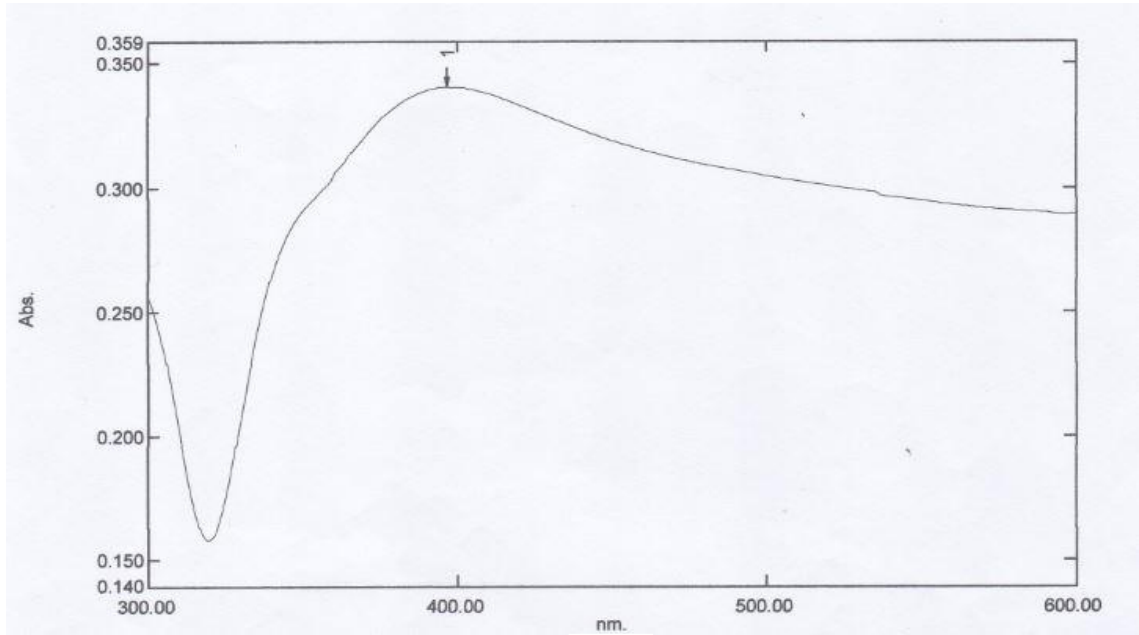
Penelitian ini bertujuan untuk untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan elektrolit H_2SO_4 terhadap tegangan dan arus keluaran aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak 3 mM. Dengan demikian enam

larutan yang telah dibuat dan telah dijelaskan sebelumnya akan dicampur. Pencampuran dilakukan di dalam tabung reaksi. Pencampuran larutan nanopartikel perak dengan larutan elektrolit H_2SO_4 dijelaskan sebagai berikut: variasi pertama, 1 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 10% ditambahkan ke dalam 3 mL larutan nanopartikel perak 3 mM, variasi kedua, 1 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 20% ditambahkan ke dalam 3 mL larutan nanopartikel perak 3 mM, variasi ketiga, 1 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 30% ditambahkan ke dalam 3 mL larutan nanopartikel perak 3 mM, variasi keempat, 1 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 40% ditambahkan ke dalam 3 mL larutan nanopartikel perak 3 mM, variasi kelima 1 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 50% ditambahkan ke dalam 3 mL larutan nanopartikel perak 3 mM.

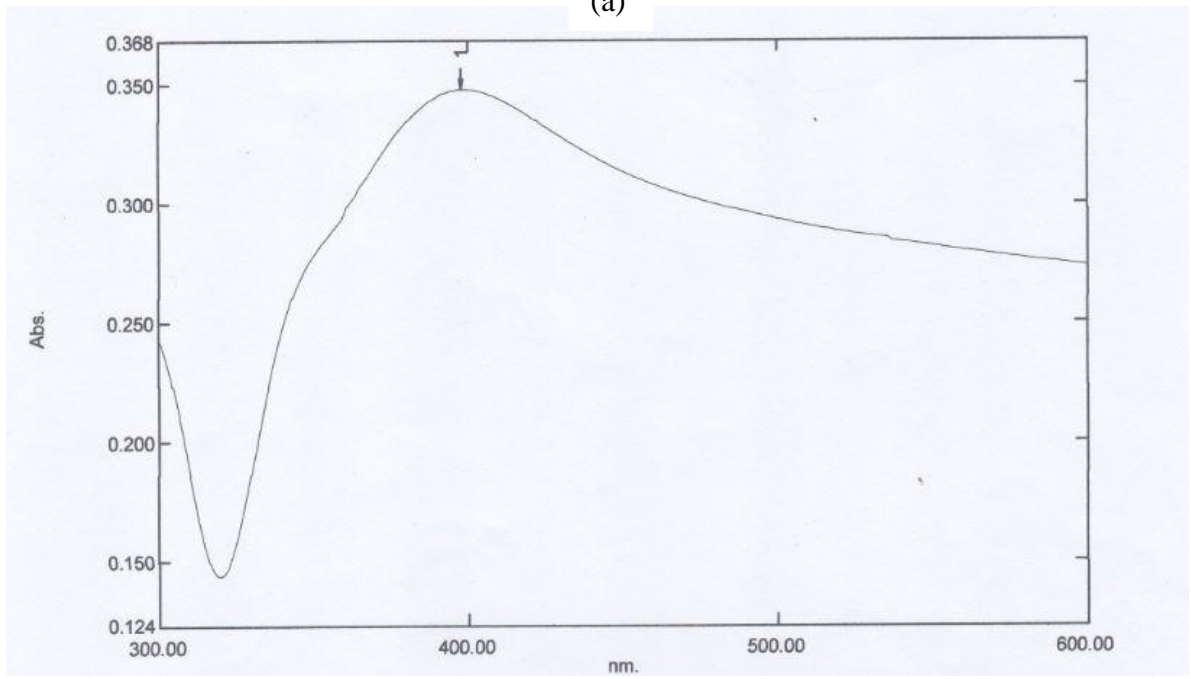
D. Hasil Uji UV-Vis

Pengujian sampel melalui karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui besar absorbansi dan panjang gelombang dari sampel yang diuji. Larutan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 dengan berbagai variasi konsentrasi yang telah dicampur dengan larutan nanopartikel perak 3 mM merupakan sampel yang digunakan dalam uji UV-Vis. Secara kualitatif, 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

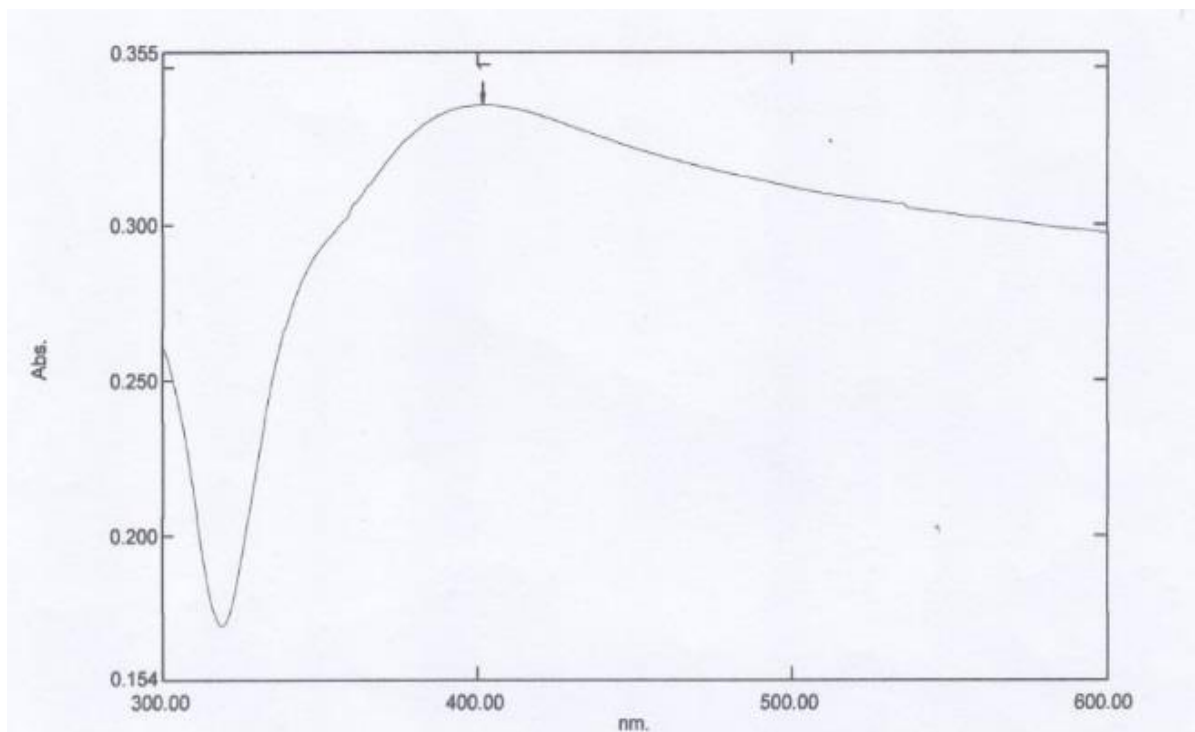
analisis UV-Vis larutan naopartikel 3 mM dan larutan H₂SO₄ dengan berbagai variasi konsentrasi yang telah dicampur dengan larutan nanopartikel perak 3 mM ditunjukkan pada Gambar 12.



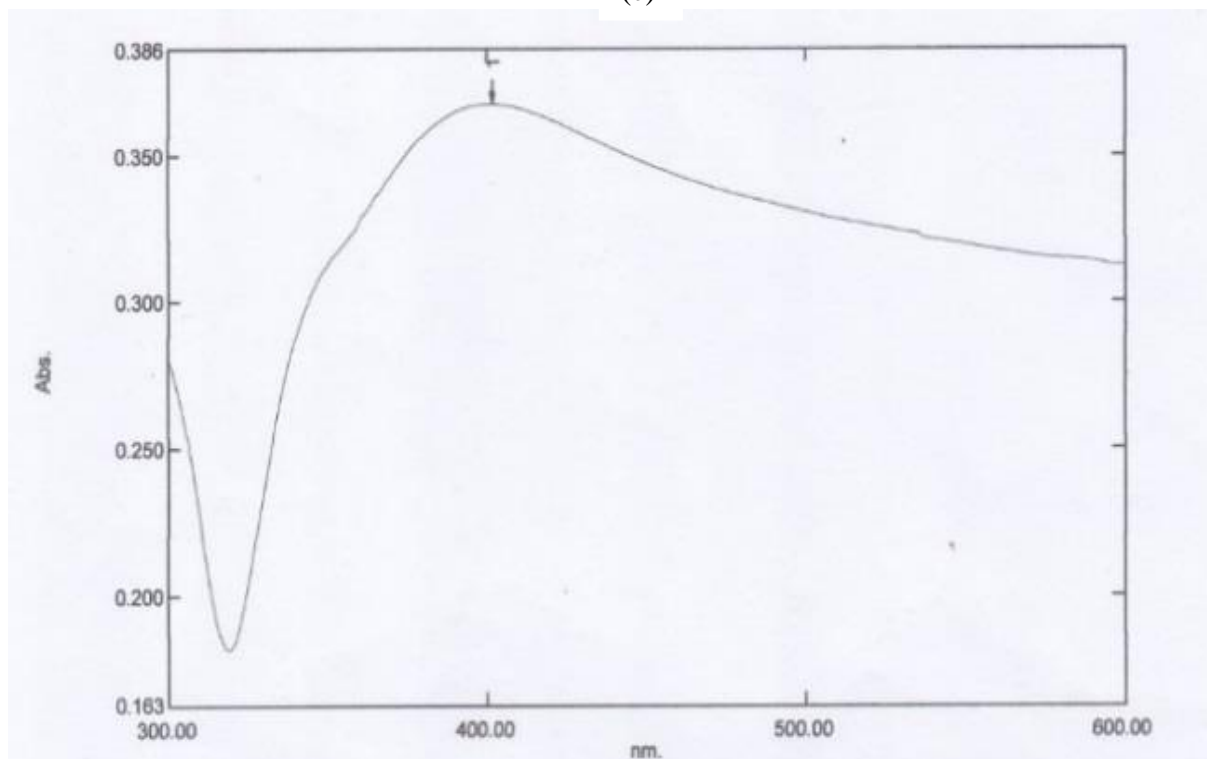
(a)



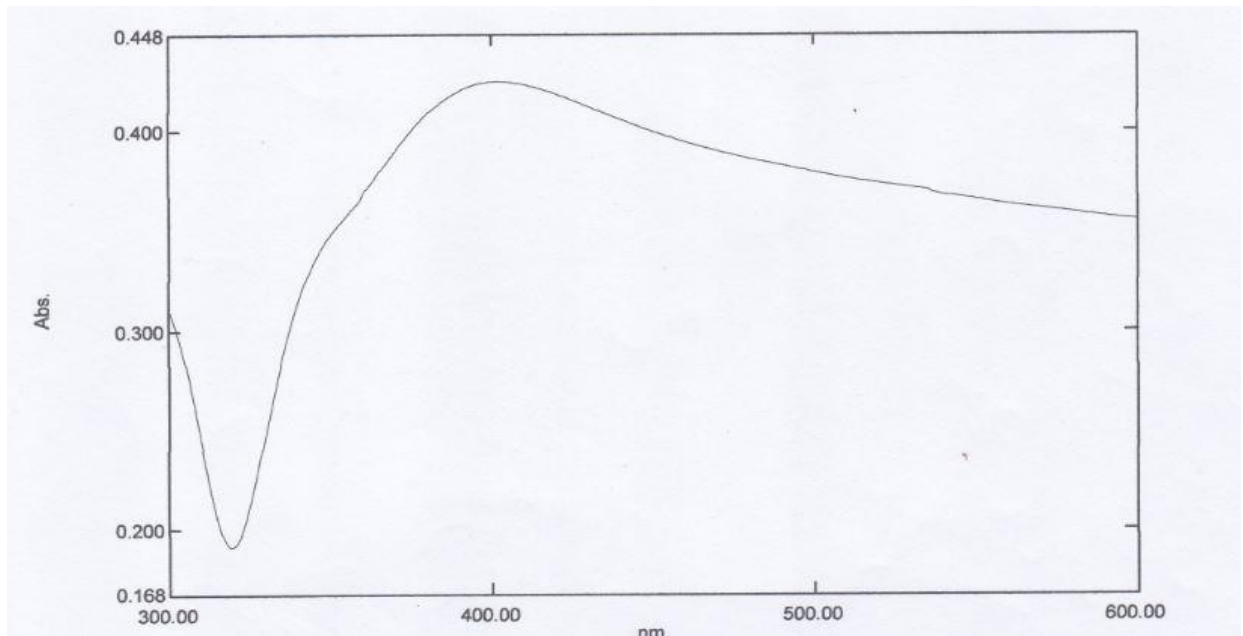
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 12. Grafik hasil uji UV-Vis larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM ditambah dengan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi (a) sebesar 10% (b) sebesar 20% (c) sebesar 30% (d) sebesar 40% dan (e) sebesar 50%.

Tabel 4 .Perbandingan panjang gelombang puncak pada absorbansi maksimum dan nilai absorbansi nanopartikel perak.

Konsentrasi Nanopartikel Perak (mM) + Konsentrasi Larutan H ₂ SO ₄ (%)	Panjang gelombang puncak (nm)	Absorbansi
3 mM + 10 %	396.40	0.340
3 mM + 20 %	397.60	0.347
3 mM + 30 %	401.80	0.338
3 mM + 40 %	401.60	0.369
3 mM + 50 %	402.00	0.424

Dari Tabel 4, dapat dilihat bahwa panjang gelombang absorpsi yang diperoleh dari hasil uji UV-Vis terhadap larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM ditambah dengan variasi konsentrasi larutan H₂SO₄ memiliki kisaran panjang gelombang 396,40 nm sampai 402,00 nm. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nanopartikel perak mengabsorbansi spektrum warna ungu yang memiliki rentang panjang gelombang 390 nm sampai 430 nm. Dari nilai panjang gelombang puncak yang berada pada rentang 396,40 nm sampai 402,00 nm, ukuran nanopartikel perak yang terbentuk menurut referensi yang ditunjukkan pada Tabel 3 (Daniel, 2008) diperoleh ukuran nanopartikel perak dengan kisaran 15 - 20 nm.

E. Hasil Keluaran Tegangan Aki Kering Bekas dengan Penambahan Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Larutan H₂SO₄ dan Tanpa Penambahan Nanopartikel Perak + Larutan H₂SO₄ pada Rangkaian LED.

Pada penelitian ini fokus utama kami adalah mengetahui tegangan keluaran aki kering 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.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 pada aki kering bekas, maka dibandingkan tegangan keluaran aki kering bekas dengan penambahan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 dan tanpa penambahan nanopartikel perak.

Pengukuran tegangan aki kering bekas dilakukan selama 240 menit mengalami penurunan tegangan listrik seiring dengan penambahan waktu karena adanya *resistor* dan lampu LED. Penurunan tegangan ini kami bandingkan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 dan pengaruh tanpa penambahan nanopartikel perak.

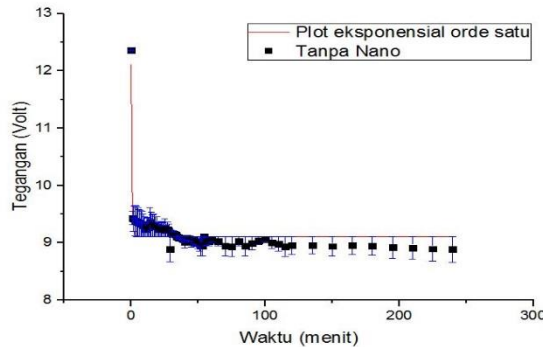
Berdasarkan data yang diperoleh, grafik, kami menggunakan 2 macam pendekatan *fitting* yaitu *fitting* eksponensial orde 1 dan *fitting* linier. Tujuan menggunakan 2 macam *fitting* tersebut adalah untuk mengetahui *fitting* mana yang paling mendekati hasil terbaik dengan melihat acuan nilai R^2 . Nilai R^2 adalah nilai yang mengukur seberapa jauh model dalam menerangkan variabel terikat dimana variabel terikat dalam penelitian ini adalah tegangan dan arus keluaran aki kering bekas. Rentang nilai R^2 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 eksponensial orde satu:

$$y = y_0 + A_1 e^{-x/t_1} \quad (1)$$

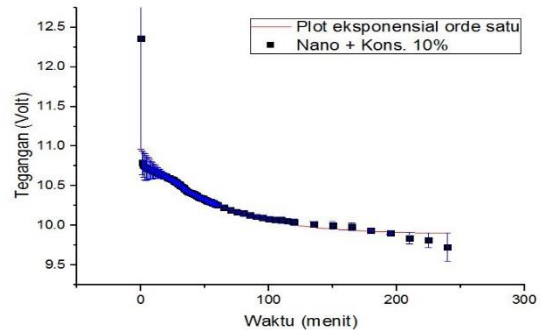
dengan variabel y merupakan nilai tegangan dan arus listrik keluaran aki kering bekas. A_1 menunjukkan nilai konstanta, dan t_1 adalah besaran waktu dari *fitting* grafik tegangan maupun arus listrik keluaran aki kering bekas. Nilai y_0 pada persamaan fungsi eksperimental orde 1 pada *fitting* grafik merupakan nilai tegangan stabil (V_0) dan arus stabil (I_0) saat mencapai kestabilan dengan cara ekstrapolasi. Nilai x merupakan masukan nilai untuk waktu pengukuran tegangan dan arus listrik. Berikut ini adalah bentuk fungsi linier:

$$y = a + b * x \quad (2)$$

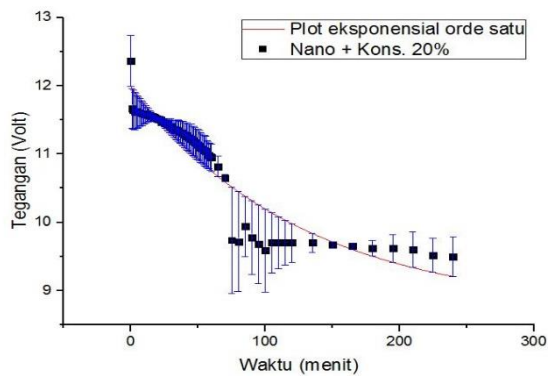
dengan variabel y merupakan nilai tegangan dan arus listrik keluaran aki kering bekas. Nilai a menunjukkan konstanta dan nilai b menunjukkan kemiringan suatu grafik. Nilai x merupakan masukan nilai untuk waktu pengukuran tegangan dan arus listrik.



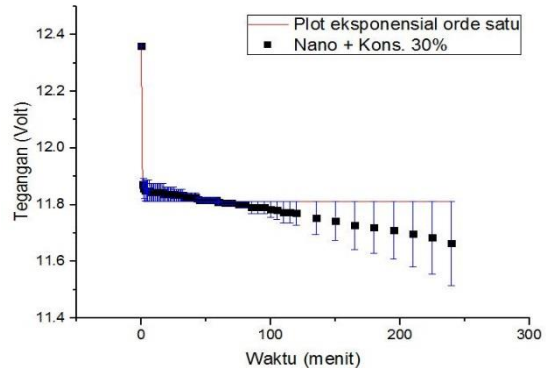
(a)



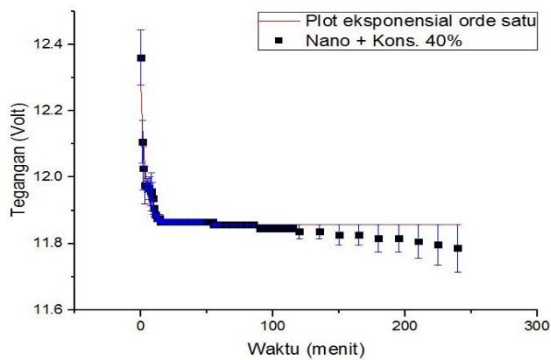
(b)



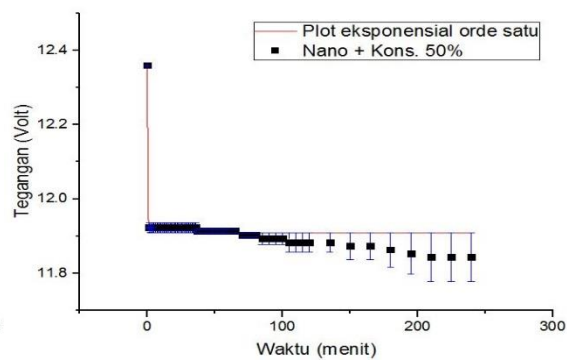
(c)



(d)



(e)



(f)

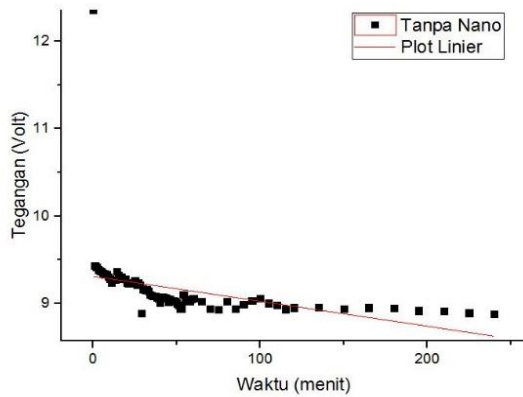
Gambar 13. Grafik *fitting* keluaran tegangan listrik pada aki kering bekas dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu (a) tanpa nanopartikel perak (b) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 10% (c) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 20% (d) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 30% (e) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 40% (f) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 50%.

Tabel 5. Perbandingan fungsi tegangan keluaran aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H₂SO₄ memakai *fitting* Origin dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu disertai dengan nilai R².

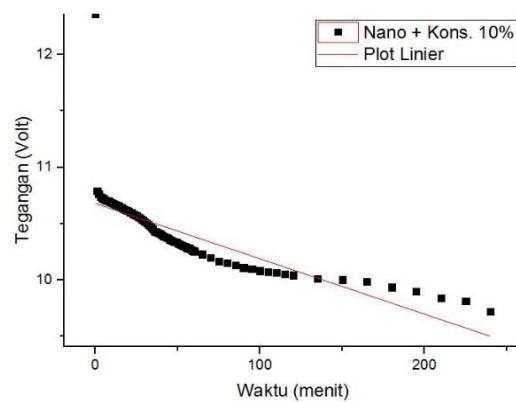
Konsentrasi Nano (mM) dan Larutan H ₂ SO ₄ (%)	Persamaan fungsi; $y = y_0 + A_1 e^{-x/t_1}$	<i>Adjusted R²</i>
tanpa nano	$y = 9.10843 + 3.00588 * \exp(-x/0.56313)$	0.99999
3 mM+ 10%	$y = 9.88846 + 1.07156 * \exp(-x/53.97525)$	0.99999
3 mM+ 20%	$y = 8.72223 + 3.26309 * \exp(-x/125.89364)$	0.99998
3 mM+ 30%	$y = 11.81214 + 0.54614 * \exp(-x/0.48446)$	1
3 mM+ 40%	$y = 11.85831 + 0.41752 * \exp(-x/3.45059)$	1
3 mM+ 50%	$y = 11.90939 + 0.45056 * \exp(-x/0.29325)$	1

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa pada saat aki kering bekas tidak diberi nanopartikel perak memiliki nilai tegangan stabil (V_0) sebesar 9.10843 volt dengan nilai R² sebesar 0.99999. Saat aki kering bekas diberi nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 10% memiliki nilai tegangan stabil (V_0) sebesar 9.88846 volt dengan nilai R² sebesar 0.99999. Saat aki kering ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 20% nilai tegangan stabil (V_0) sebesar 8.72223 volt dengan nilai R² sebesar 0.99998. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% nilai tegangan stabil (V_0) sebesar 11.81214 dengan nilai R²

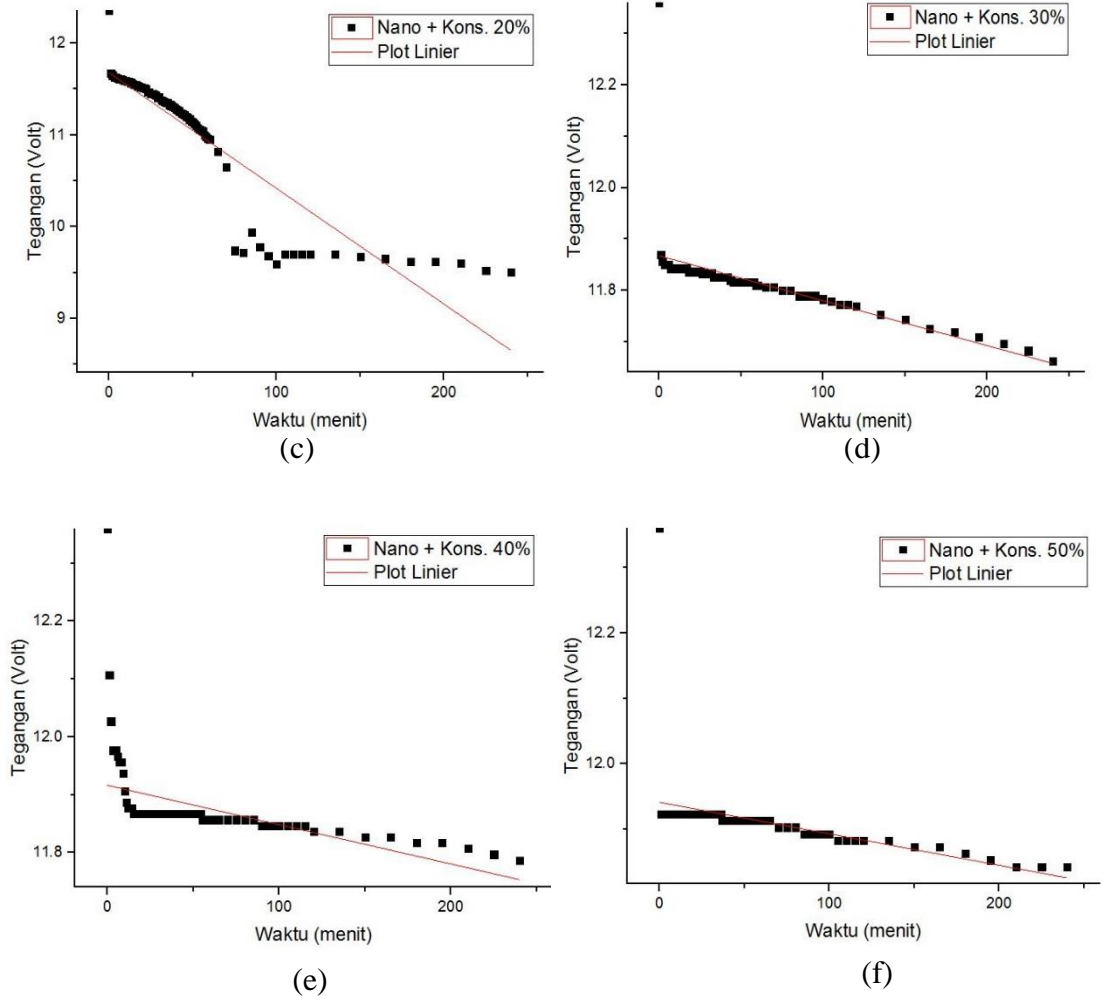
sebesar 1. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 40%, nilai yegangan stabil (V₀) sebesar 11.85831 volt dengan nilai R² sebesar 1. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 50%, nilai tegangan stabil (V₀) sebesar 11.90939 volt dengan nilai R² sebesar 1. Dari Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan stabil (V₀) tertinggi berada pada larutan elektrolit H₂SO₄ dengan konsentrasi 50% dengan nialt tegangan stabil (V₀) sebesar 11.90939 volt.



(a)



(b)



Gambar 14. Grafik *fitting* keluaran tegangan listrik pada aki kering bekas dengan bentuk fungsi linier (a) tanpa nanopartikel perak (b) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 10% (c) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 20% (d) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 30% (e) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 40% (f) nanopartikel perak 3 mM + larutan H_2SO_4 konsentrasi 50%.

Tabel 6. Perbandingan fungsi tegangan kellularan aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H₂SO₄ memakai *fitting* Origin dengan bentuk fungsi linier disertai dengan nilai R².

Konsentrasi Nano (mM) dan Larutan H ₂ SO ₄ (%)	Persamaan fungsi; $y = a + b * x$	<i>Adjusted R²</i>
tanpa nano	$y = 9.31151 + -0.00285 * x$	0.1409
3 mM+ 10%	$y = 10.6792 + -0.0049 * x$	0.60211
3 mM+ 20%	$y = 11.67844 + -0.01261 * x$	0.81296
3 mM+ 30%	$y = 11.86766 + -8.72E-04 * x$	0.40138
3 mM+ 40%	$y = 11.91605 + -6.79E-04 * x$	0.24484
3 mM+ 50%	$y = 11.94145 + -4.80E-04 * x$	0.21473

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa pada saat aki kering bekas tidak diberi nanopartikel perak memiliki nilai tegangan stabil (V_0) sebesar 9.31151 volt dengan nilai R² sebesar 0.1409. Saat aki kering bekas diberi nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 10% memiliki nilai tegangan stabil (V_0) sebesar 10.6792 volt dengan nilai R² sebesar 0.60211. Saat aki kering ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 20% nilai tegangan stabil (V_0) sebesar 11.67844 volt dengan nilai R² sebesar 0.81296. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% nilai tegangan stabil (V_0) sebesar 11.86766

dengan nilai R^2 sebesar 0.40138. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 konsentrasi 40%, nilai yegangan stabil (V_0) sebesar 11.91605 volt dengan nilai R^2 sebesar 0.24484. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 konsentrasi 50%, nilai tegangan stabil (V_0) sebesar 11.94145 volt dengan nilai R^2 sebesar 0.21473.

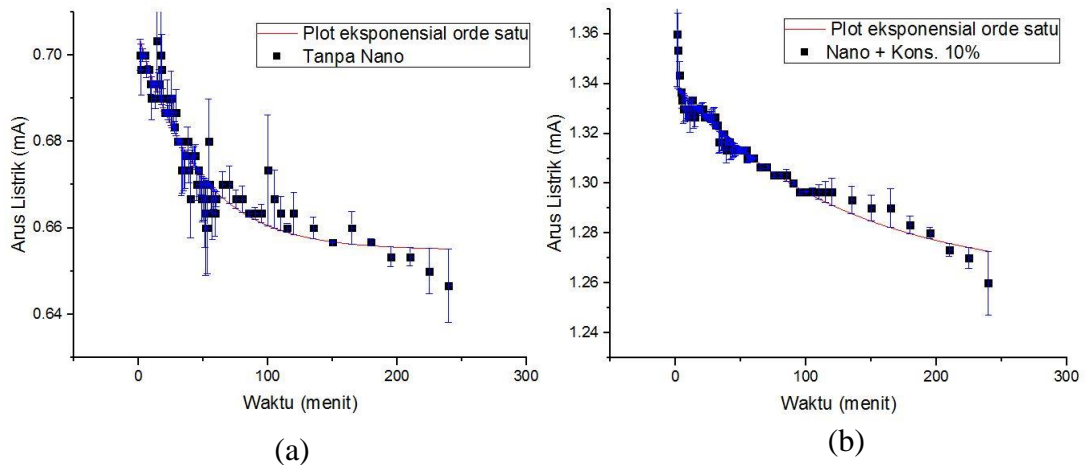
Dari Tabel 5 dan Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa bentuk fungsi yang terbaik untuk digunakan analisis data adalah bentuk fungsi eksponensial orde satu. Hal ini dapat dilihat dari nilai R^2 yang dimiliki oleh bentuk fungsi eksponensial orde satu memiliki nilai yang lebih tinggi daripada nilai R^2 yang dimiliki oleh bentuk fungsi linier. Sehingga data yang digunakan adalah data yang menggunakan bentuk fungsi eksponensial orde satu.

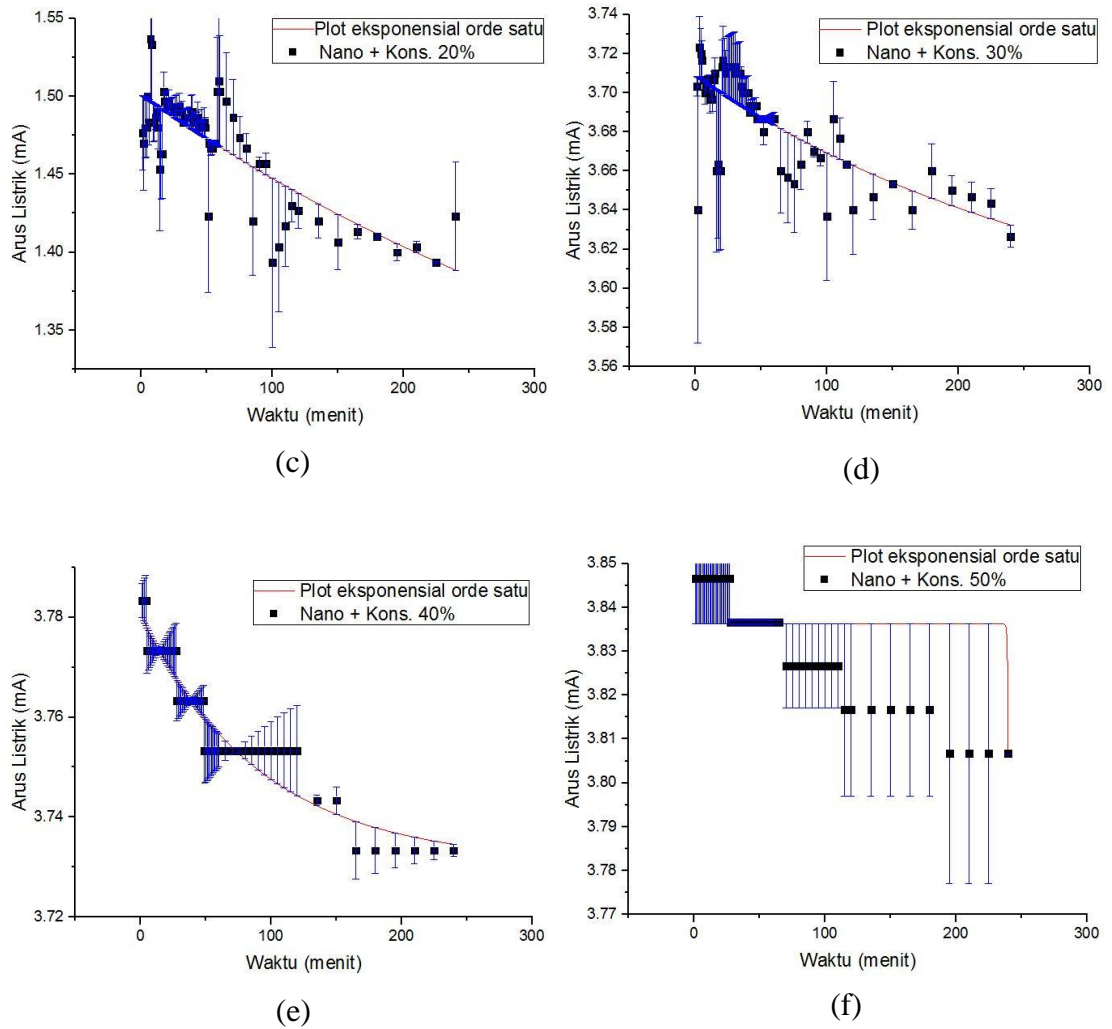
F. Hasil Keluaran Arus Aki Kering Bekas dengan Penambahan Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Larutan H_2SO_4 dan Tanpa Penambahan Nanopartikel Perak + Larutan H_2SO_4 pada Rangkaian LED.

Pada penelitian ini fokus utama adalah mengetahui arus keluaran aki kering 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.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 pada aki kering bekas, maka kami membandingkan arus keluaran aki kering bekas dengan penambahan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 dan tanpa penambahan nanopartikel perak.

Pengukuran arus aki kering bekas dilakukan selama 240 menit mengalami penurunan arus listrik seiring dengan penambahan waktu karena adanya *resistor* dan lampu LED. Penurunan arus ini kami bandingkan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 dan pengaruh tanpa penambahan nanopartikel perak.





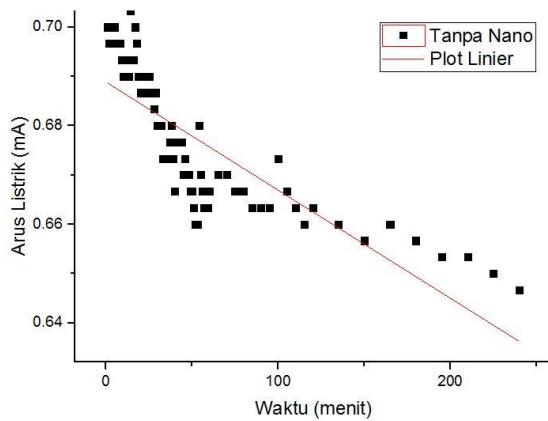
Gambar 15. Grafik *fitting* keluaran arus listrik pada aki kering bekas dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu (a) tanpa nanopartikel perak (b) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 10% (c) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 20% (d) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% (e) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 40% (f) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 50%.

Tabel 7. Perbandingan fungsi dan arus kellularan aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H₂SO₄ memakai *fitting* Origin dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu disertai dengan nilai R².

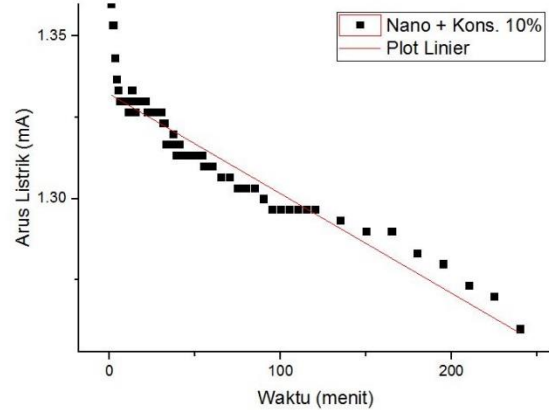
Konsentrasi Nano (mM) dan Larutan H ₂ SO ₄ (%)	Persamaa fungsi $y = y_0 + A_1 e^{-x/t_1}$	<i>Adjusted R²</i>
tanpa nano	$y = 0,65488 + 0,04978 \cdot \exp(-x/45,89972)$	1
3 mM + 10%	$y = 1,26134 + 0,07819 \cdot \exp(-x/124,80631)$	1
3 mM + 20%	$y = 1,21471 + 0,28656 \cdot \exp(-x/480,15547)$	1
3 mM + 30%	$y = 3,57282 + 0,13607 \cdot \exp(-x/290,33108)$	1
3 mM + 40%	$y = 3,73099 + 0,04944 \cdot \exp(-x/91,4292)$	1
3 mM + 50%	$y = 3,88629 + (-3,25196E-124) \cdot \exp(-x/-0,49175)$	1

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa saat aki kering bekas tidak ditambahkan dengan nanopartikel perak, nilai arus stabil (I_0) sebesar 0,65488 mA dengan nilai R² sebesar 1. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 10%, nilai tegangan stabil (I_0) sebesar 1,26134 mA dengan nilai R² sebesar 1. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 20%, nilai arus stabil (I_0) sebesar 1,21471 mA dengan nilai R² sebesar 1. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H₂SO₄ konsentrasi 30%, nilai arus stabil (I_0) sebesar 3,57282 mA dengan nilai R²

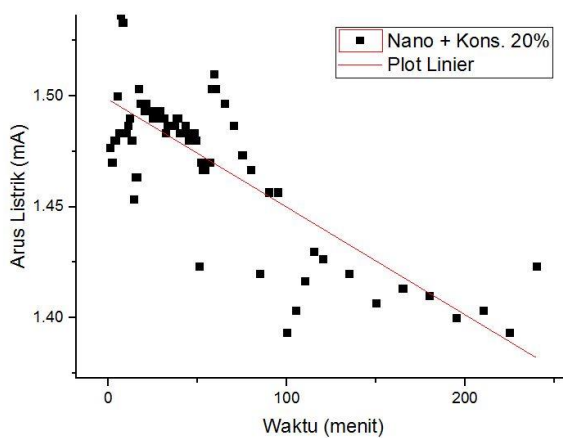
sebesar 1. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 konsentrasi 40%, nilai arus stabil (I_0) sebesar 3,73099 mA dengan nilai R^2 sebesar 1. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 konsentrasi 50%, nilai arus stabil (I_0) sebesar 3,88629 mA dengan nilai R^2 sebesar 1. Dari Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa nilai arus stabil (I_0) tertinggi berada pada larutan elektrolit H_2SO_4 dengan konsentrasi 50% dengan nilai arus stabil (I_0) sebesar 3,88629 mA.



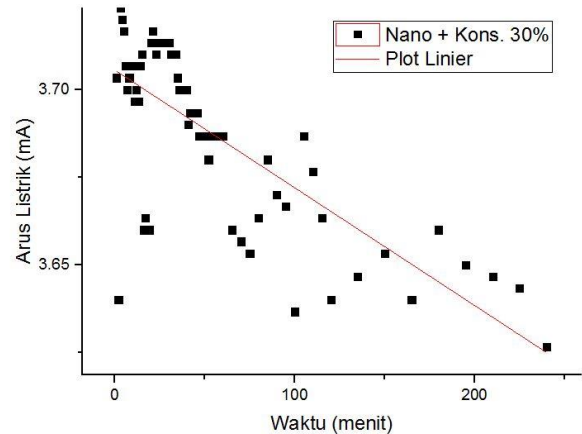
(a)



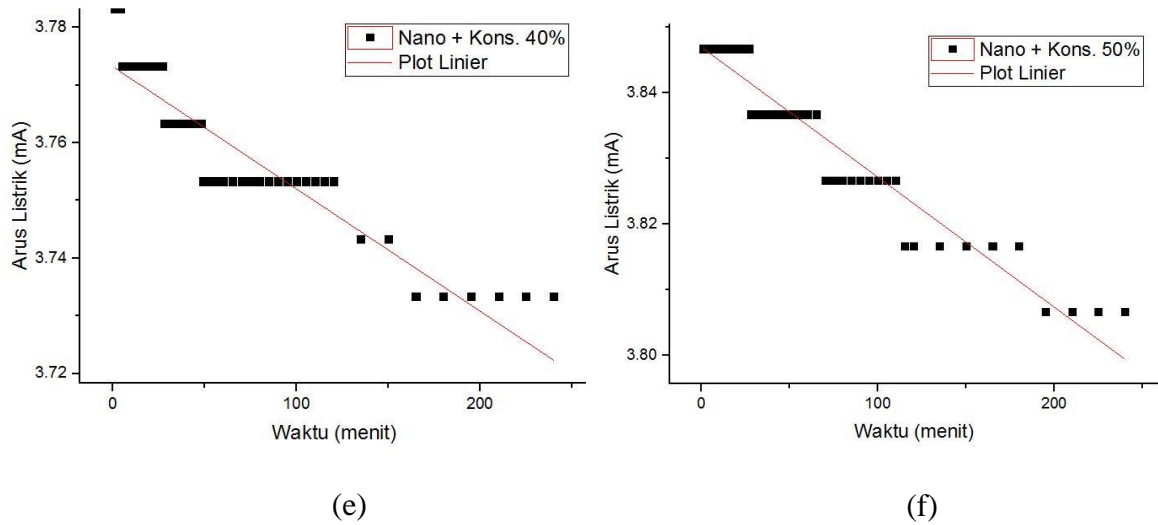
(b)



(c)



(d)



Gambar 16. Grafik *fitting* keluaran arus listrik pada aki kering bekas dengan bentuk fungsi linier (a) tanpa nanopartikel perak (b) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 10% (c) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 20% (d) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% (e) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 40% (f) nanopartikel perak 3 mM + larutan H₂SO₄ konsentrasi 50%.

Tabel 8. Perbandingan fungsi dan arus keluaran aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H₂SO₄ memakai *fitting* Origin dengan bentuk fungsi linier disertai dengan nilai R².

Konsentrasi Nano (mM) dan Larutan H ₂ SO ₄ (%)	Persamaan fungsi; $y = a + b * x$	<i>Adjusted R²</i>
tanpa nano	$y = 0.68883 + -2.19E-04 * x$	0.66691
3 mM+ 10%	$y = 1.33215 + -3.06E-04 * x$	0.88672
3 mM+ 20%	$y = 1.49841 + -4.85E-04 * x$	0.64775
3 mM+ 30%	$y = 3.70554 + -3.35E-04 * x$	0.53998
3 mM+ 40%	$y = 3.77323 + -2.12E-04 * x$	0.82382
3 mM+ 50%	$y = 3.8469 + -1.98E-04 * x$	0.91821

Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa saat aki kering bekas tidak ditambahkan dengan nanopartikel perak, nilai arus stabil (I_0) sebesar 0.68883 mA dengan nilai R^2 sebesar 0.66691. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 konsentrasi 10%, nilai tegangan stabil (I_0) sebesar 1.33215 mA dengan nilai R^2 sebesar 0.88672. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 konsentrasi 20%, nilai arus stabil (I_0) sebesar 1.49841 mA dengan nilai R^2 sebesar 0.64775. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 konsentrasi 30%, nilai arus stabil (I_0) sebesar 3.70554 mA dengan nilai R^2 sebesar 0.53998. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 konsentrasi 40%, nilai arus stabil (I_0) sebesar 3.77323 mA dengan nilai R^2 sebesar 0.82382. Saat aki kering bekas ditambahkan nanopartikel perak 3 mM dan larutan H_2SO_4 konsentrasi 50%, nilai arus stabil (I_0) sebesar 3.8469 mA dengan nilai R^2 sebesar 0.91821.

Dari Tabel 7 dan Tabel 8 dapat disimpulkan bahwa bentuk fungsi yang terbaik untuk digunakan analisis data adalah bentuk fungsi eksponensial orde satu. Hal ini dapat dilihat dari nilai R^2 yang dimiliki oleh bentuk fungsi eksponensial orde satu memiliki nilai yang lebih tinggi daripada nilai R^2 yang dimiliki oleh bentuk fungsi linier. Sehingga data yang digunakan adalah data yang menggunakan bentuk fungsi eksponensial orde satu.

Setelah diketahui bentuk fungsi yang terbaik dengan melihat nilai R^2 , didapatkan bahwa bentuk fungsi tersebut adalah bentuk fungsi eksponensial orde satu. Kemudian, kami rangkum tegangan stabil (V_0) dan arus stabil (I_0) dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu yang disajikan dalam tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan tegangan dan arus kellularan aki kering bekas tanpa nanopartikel perak dan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 memakai *fitting* Origin dengan bentuk fungsi eksponensial orde satu.

Konsentrasi Nano (mM) dan Larutan H_2SO_4 (%)	Tegangan stabil (Volt)	Arus stabil (mA)
tanpa nano	9.10843	0,65488
3 mM+ 10%	9.88846	1,26134
3 mM+ 20%	8.72223	1,21471
3 mM+ 30%	11.81214	3,57282
3 mM+ 40%	11.85831	3,73099
3 mM+ 50%	11.90939	3,88629

Dari penelitian ini, hanya diketahui efek penambahan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2SO_4 terhadap tegangan dan arus aki kering bekas yaitu tegangan stabil (V_0) dan arus stabil (I_0).

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Larutan elektrolit H_2SO_4 yang ditambahkan larutan nanopartikel perak memiliki pengaruh positif terhadap keluaran tegangan dan arus listrik aki kering bekas. Hal ini berarti penambahan nanopartikel perak pada larutan elektrolit H_2SO_4 menambah daya tahan (*endurance*) dari aki kering bekas
2. Larutan elektrolit H_2SO_4 yang memberikan pengaruh secara maksimal terhadap keluaran tegangan dan arus listrik aki kering bekas setelah ditambah larutan nanopartikel perak adalah konsentrasi 50%. Hal ini dapat ditunjukkan dengan nilai tegangan stabil (V_0) dan arus stabil (I_0) yang diperoleh mendapat nilai tertinggi dari konsentrasi larutan H_2SO_4 lainnya.
3. Keluaran tegangan dan arus listrik aki kering bekas yang ditambahkan nanopartikel perak + larutan H_2SO_4 memiliki keluaran tegangan stabil (v_0) dan arus stabil (I_0) yang lebih tinggi daripada keluaran tegangan dan arus listrik aki kering bekas yang tanpa diberi larutan nanopartikel perak + larutan H_2SO_4 .

B. SARAN

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

1. Penelitian ini memberikan informasi mengenai keberadaan larutan nanopartikel perak dalam larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi masing-masing 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. 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 kering yang sudah dipakai. Diharapkan pada penelitian yang lebih lanjut dapat menguji coba aki kering baru yang ditambahkan nanopartikel perak + larutan elektrolit H_2SO_4 .
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 menimbulkan ketidakpastian dalam pengukuran.

. DAFTAR PUSTAKA

- Chamberlin, Daniel 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.
- Fredman, 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, Sthepen.K. (1996). *Introduction to Acid-base Chemistry*. USA: Simon Fraser University.
- Lu, Yu Chien. (2008). *A Simple and Effrctive 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.

- Pratiwi, Rifia. (2014). *Pengaruh Volume Larutan Nanopartikel Perak Terhadap Tegangan Keluaran Sel Volta yang berisi Larutan H₂SO₄*. Skripsi UNY, Yogyakarta: Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Pulit, Julanta. (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 AgNO₃ untuk membuat larutan AgNO₃ 3 mM.

Diketahui: massa relatif (M_r) AgNO₃ = 170,

Volume larutan yang dibuat 1 L = 1000 mL.

Massa AgNO₃ dapat ditentukan dengan menggunakan rumus awal $M = \frac{n}{V}$ dimana

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

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

Sehingga rumus yang digunakan untuk menentukan massa AgNO₃ yaitu:

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

Jadi massa AgNO₃ yang dibutuhkan untuk membuat larutan AgNO₃ 3 mM yaitu:

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

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

LAMPIRAN 2

Pembuatan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi sebesar 50%

Diketahui: konsentrasi larutan H₂SO₄ sebesar 30% (*accu zuur*)

volume larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% sebesar 500 mL

Larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% diubah menjadi konsentrasi 50% dengan cara dipanaskan yang memenuhi persamaan:

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

Dengan M₁ adalah konsentrasi H₂SO₄ yang diketahui, M₂ adalah konsentrasi larutan H₂SO₄ yang diinginkan, V₁ adalah volume larutan H₂SO₄ yang diketahui, dan V₂ adalah volume larutan H₂SO₄ yang terbentuk.

$$V_2 = \frac{M_1 \times V_1}{M_2}$$

$$V_2 = \frac{30\% \times 500}{50\%}$$

$$V_2 = 300 \text{ mL}$$

Membuat larutan H₂SO₄ konsentrasi 10%, 20%, dan 40% dengan mengencerkan larutan H₂SO₄ konsentrasi 50% ditambah dengan *aquades* yang memenuhi persamaan:

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

Dengan M_1 adalah konsentrasi H_2SO_4 yang diketahui, M_2 adalah konsentrasi larutan H_2SO_4 yang diinginkan, V_1 adalah volume larutan H_2SO_4 yang diketahui, dan V_2 adalah volume larutan H_2SO_4 yang terbentuk.

A. Larutan H_2SO_4 konsentrasi 10%

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

$$50\% \times 2 \text{ mL} = 10\% \times V_2$$

$$V_2 = 10 \text{ mL}$$

Jadi, untuk mengubah larutan H_2SO_4 konsentrasi 10% dibuat dengan mengencerkan 2 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 50% ditambah 8 mL *aquades* ($V_2 - V_1 = 10 \text{ mL} - 2 \text{ mL} = 8 \text{ mL}$).

B. Larutan H_2SO_4 konsentrasi 20%

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

$$50\% \times 2 \text{ mL} = 20\% \times V_2$$

$$V_2 = 5 \text{ mL}$$

Jadi, untuk mengubah larutan H_2SO_4 konsentrasi 20% dibuat dengan mengencerkan 2 mL larutan H_2SO_4 konsentrasi 50% ditambah 3 mL *aquades* ($V_2 - V_1 = 5 \text{ mL} - 2 \text{ mL} = 3 \text{ mL}$).

C. Larutan H₂SO₄ konsentrasi 30%

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

$$50\% \times 3 \text{ mL} = 30\% \times V_2$$

$$V_2 = 5 \text{ mL}$$

Jadi, untuk mengubah larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% dibuat dengan mengencerkan 3 mL larutan H₂SO₄ konsentrasi 50% ditambah 2 mL *aquades* ($V_2 - V_1 = 5 \text{ mL} - 3 \text{ mL} = 2 \text{ mL}$).

D. Larutan H₂SO₄ konsentrasi 40%

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

$$50\% \times 2 \text{ mL} = 40\% \times V_2$$

$$V_2 = 2,5 \text{ mL}$$

Jadi, untuk mengubah larutan H₂SO₄ konsentrasi 10% dibuat dengan mengencerkan 2 mL larutan H₂SO₄ konsentrasi 50% ditambah 0,5 mL *aquades* ($V_2 - V_1 = 2,5 \text{ mL} - 2 \text{ mL} = 0,5 \text{ mL}$).

LAMPIRAN 3

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:

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

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 4

a. Perhitungan Rerata Hasil Tegangan dan Arus Keluaran

1. Tegangan Rerata

Tegangan rerata dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{V} = \frac{\sum V_i}{N}$$

Ralat tegangan rerata dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta\bar{V} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (V_i - \bar{V})^2}$$

Dengan \bar{V} adalah tegangan rerata (volt), $\Delta\bar{V}$ adalah ketidakpastian tegangan rerata (volt), N adalah banyak pengulangan, V_i adalah pengukuran tegangan ke- i (volt).

2. Arus Rerata

Arus rerata dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{I} = \frac{\sum I_i}{N}$$

Ralat arus rerata dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta\bar{I} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (I_i - \bar{I})^2}$$

Dengan \bar{I} adalah arus rerata (mA), $\Delta\bar{I}$ adalah ketidakpastian arus rerata (mA), N adalah banyak pengulangan, V_i adalah pengukuran arus ke- i (mA).

LAMPIRAN 5

Tabel Tegangan dan Arus Keluaran Aki Kering Bekas

- Satuan tegangan keluaran (v) adalah volt
- Satuan arus keluaran adalah mA

1. Aki Tanpa Tambahan Nanopartikel perak dengan rangkaian Lampu LED

No	t (menit)	Pengukuran I		Pengukuran II		Pengukuran III		\bar{V}	\bar{I}	$\Delta\bar{V}$	$\Delta\bar{I}$
		V	I	V	I	V	I				
1	1	8,39	0,77	10,62	0,75	9,29	0,58	9,43	0,70	1,12	0,10
2	2	8,45	0,78	10,58	0,74	9,22	0,57	9,42	0,70	1,08	0,11
3	3	8,48	0,78	10,52	0,74	9,16	0,58	9,39	0,70	1,04	0,11
4	4	8,51	0,79	10,48	0,73	9,14	0,58	9,38	0,70	1,01	0,11
5	5	8,53	0,79	10,43	0,73	9,13	0,58	9,36	0,70	0,97	0,11
6	6	8,54	0,79	10,38	0,72	9,12	0,58	9,35	0,70	0,94	0,11
7	7	8,56	0,79	10,34	0,72	9,11	0,58	9,34	0,70	0,91	0,11
8	8	8,58	0,8	10,3	0,72	9,11	0,57	9,33	0,70	0,88	0,12
9	9	8,59	0,8	10,25	0,71	9,08	0,57	9,31	0,69	0,85	0,12
10	10	8,58	0,8	10,2	0,7	9,07	0,57	9,28	0,69	0,83	0,12
11	11	8,5	0,8	10,15	0,7	9,06	0,58	9,24	0,69	0,84	0,11
12	12	8,65	0,81	10,11	0,7	9,06	0,57	9,27	0,69	0,75	0,12
13	13	8,67	0,81	10,08	0,69	9,06	0,57	9,27	0,69	0,73	0,12
14	14	8,5	0,86	10,03	0,68	9,06	0,57	9,36	0,70	0,58	0,15
15	15	8,9	0,84	10	0,68	9,06	0,56	9,32	0,69	0,59	0,14
16	16	8,86	0,84	9,97	0,68	9,06	0,56	9,30	0,69	0,59	0,14
17	17	8,92	0,86	9,94	0,68	9,06	0,56	9,31	0,70	0,55	0,15
18	18	8,88	0,86	9,91	0,67	9,06	0,56	9,28	0,70	0,55	0,15
19	19	8,9	0,84	9,88	0,67	9,06	0,56	9,28	0,69	0,53	0,14
20	20	8,8	0,83	9,86	0,67	9,05	0,56	9,24	0,69	0,55	0,14
21	21	8,8	0,83	9,84	0,67	9,05	0,56	9,23	0,69	0,54	0,14
22	22	8,84	0,84	9,82	0,67	9,05	0,56	9,24	0,69	0,52	0,14
23	23	8,87	0,84	9,8	0,66	9,05	0,56	9,24	0,69	0,49	0,14
24	24	8,85	0,84	9,79	0,66	9,05	0,56	9,23	0,69	0,50	0,14
25	25	8,98	0,85	9,76	0,66	9,05	0,56	9,26	0,69	0,43	0,15
26	26	8,84	0,84	9,75	0,66	9,06	0,56	9,22	0,69	0,47	0,14
27	27	8,87	0,84	9,75	0,66	9,08	0,56	9,23	0,69	0,46	0,14
28	28	8,87	0,84	9,71	0,65	9,07	0,56	9,22	0,68	0,44	0,14

29	29	8,87	0,84	8,71	0,66	9,08	0,56	8,89	0,69	0,19	0,14
30	30	8,75	0,83	9,68	0,65	9,07	0,56	9,17	0,68	0,47	0,14
31	31	8,72	0,83	9,67	0,65	9,06	0,56	9,15	0,68	0,48	0,14
32	32	8,77	0,83	9,65	0,65	9,06	0,56	9,16	0,68	0,45	0,14
33	33	8,75	0,82	9,63	0,64	9,06	0,56	9,15	0,67	0,45	0,13
34	34	8,63	0,82	9,61	0,64	9,07	0,56	9,10	0,67	0,49	0,13
35	35	8,63	0,82	9,59	0,64	9,06	0,56	9,09	0,67	0,48	0,13
36	36	8,6	0,82	9,6	0,64	9,06	0,56	9,09	0,67	0,50	0,13
37	37	8,61	0,83	9,59	0,64	9,06	0,56	9,09	0,68	0,49	0,14
38	38	8,59	0,84	9,58	0,64	9,04	0,56	9,07	0,68	0,50	0,14
39	39	8,57	0,82	9,57	0,64	9,03	0,56	9,06	0,67	0,50	0,13
40	40	8,45	0,8	9,55	0,64	9,03	0,56	9,01	0,67	0,55	0,12
41	41	8,65	0,83	9,56	0,64	9,03	0,56	9,08	0,68	0,46	0,14
42	42	8,66	0,83	9,54	0,64	9,02	0,56	9,07	0,68	0,44	0,14
43	43	8,67	0,83	9,52	0,64	9,02	0,56	9,07	0,68	0,43	0,14
44	44	8,64	0,83	9,52	0,64	9,02	0,56	9,06	0,68	0,44	0,14
45	45	8,53	0,82	9,5	0,63	9,02	0,56	9,02	0,67	0,49	0,13
46	46	8,62	0,83	9,5	0,63	9,02	0,56	9,05	0,67	0,44	0,14
47	47	8,57	0,82	9,49	0,63	9,03	0,56	9,03	0,67	0,46	0,13
48	48	8,58	0,82	9,48	0,63	9,03	0,56	9,03	0,67	0,45	0,13
49	49	8,55	0,82	9,48	0,63	9,04	0,55	9,02	0,67	0,47	0,14
50	50	8,52	0,82	9,45	0,63	9,04	0,55	9,00	0,67	0,47	0,14
51	51	8,47	0,81	9,44	0,63	9,04	0,55	8,98	0,66	0,49	0,13
52	52	8,35	0,8	9,44	0,63	9,04	0,55	8,94	0,66	0,55	0,13
53	53	8,35	0,8	9,44	0,63	9,04	0,55	8,94	0,66	0,55	0,13
54	54	8,86	0,86	9,43	0,63	9,02	0,55	9,10	0,68	0,29	0,16
55	55	8,62	0,83	9,43	0,63	9,03	0,55	9,03	0,67	0,41	0,14
56	56	8,65	0,83	9,41	0,62	9,04	0,55	9,03	0,67	0,38	0,15
57	57	8,64	0,82	9,41	0,62	9,04	0,55	9,03	0,66	0,39	0,14
58	58	8,65	0,83	9,41	0,62	9,03	0,55	9,03	0,67	0,38	0,15
59	59	8,75	0,82	9,39	0,62	9,02	0,55	9,05	0,66	0,32	0,14
60	60	8,77	0,83	9,39	0,62	9,02	0,55	9,06	0,67	0,31	0,15
61	65	8,73	0,82	9,37	0,62	8,98	0,57	9,03	0,67	0,32	0,13
62	70	8,46	0,83	9,35	0,62	9,02	0,56	8,94	0,67	0,45	0,14
63	75	8,48	0,83	9,31	0,61	9,01	0,56	8,93	0,67	0,42	0,14
64	80	8,79	0,83	9,28	0,61	9,01	0,56	9,03	0,67	0,25	0,14
65	85	8,58	0,83	9,25	0,6	9	0,56	8,94	0,66	0,34	0,15
66	90	8,73	0,83	9,24	0,6	9	0,56	8,99	0,66	0,26	0,15
67	95	8,89	0,83	9,22	0,6	9	0,56	9,04	0,66	0,17	0,15
68	100	8,98	0,86	9,2	0,6	9	0,56	9,06	0,67	0,12	0,16
69	105	8,83	0,84	9,19	0,6	8,99	0,56	9,00	0,67	0,18	0,15
70	110	8,78	0,83	9,18	0,6	8,99	0,56	8,98	0,66	0,20	0,15
71	115	8,66	0,82	9,17	0,6	8,98	0,56	8,94	0,66	0,26	0,14
72	120	8,72	0,83	9,16	0,6	8,98	0,56	8,95	0,66	0,22	0,15

73	135	8,76	0,82	9,13	0,6	8,98	0,56	8,96	0,66	0,19	0,14
74	150	8,75	0,82	9,11	0,59	8,96	0,56	8,94	0,66	0,18	0,14
75	165	8,81	0,83	9,09	0,59	8,96	0,56	8,95	0,66	0,14	0,15
76	180	8,81	0,84	9,07	0,58	8,96	0,55	8,95	0,66	0,13	0,16
77	195	8,76	0,82	9,05	0,59	8,95	0,55	8,92	0,65	0,15	0,15
78	210	8,76	0,82	9,04	0,58	8,94	0,56	8,91	0,65	0,14	0,14
79	225	8,73	0,82	9,02	0,58	8,93	0,55	8,89	0,65	0,15	0,15
80	240	8,71	0,82	9,01	0,58	8,93	0,54	8,88	0,65	0,16	0,15

2. Aki dengan Tambahan Nanopartikel perak 3 mM + Larutan H₂SO₄ konsentrasi 10% dengan rangkaian Lampu LED

No	t (menit)	Pengukuran I		Pengukuran II		Pengukuran III		\bar{V}	\bar{I}	$\Delta\bar{V}$	$\Delta\bar{I}$
		V	I	V	I	V	I				
1	1	11,81	0,86	11,24	0,44	9,32	2,78	10,79	1,36	1,30	1,25
2	2	11,8	0,86	11,22	0,44	9,27	2,76	10,76	1,35	1,33	1,24
3	3	11,8	0,85	11,18	0,43	9,24	2,75	10,74	1,34	1,34	1,24
4	4	11,8	0,84	11,16	0,43	9,22	2,74	10,73	1,34	1,34	1,23
5	5	11,8	0,83	11,15	0,43	9,21	2,74	10,72	1,33	1,35	1,23
6	6	11,8	0,83	11,14	0,43	9,2	2,73	10,71	1,33	1,35	1,23
7	7	11,8	0,83	11,12	0,43	9,2	2,73	10,71	1,33	1,35	1,23
8	8	11,8	0,83	11,11	0,43	9,19	2,73	10,70	1,33	1,35	1,23
9	9	11,8	0,83	11,08	0,43	9,19	2,73	10,69	1,33	1,35	1,23
10	10	11,8	0,83	11,07	0,43	9,18	2,73	10,68	1,33	1,35	1,23
11	11	11,8	0,83	11,05	0,43	9,18	2,72	10,68	1,33	1,35	1,22
12	12	11,8	0,84	11,03	0,43	9,18	2,72	10,67	1,33	1,35	1,22
13	13	11,79	0,85	11,02	0,43	9,18	2,72	10,66	1,33	1,34	1,22
14	14	11,79	0,84	11	0,42	9,18	2,72	10,66	1,33	1,34	1,22
15	15	11,79	0,84	10,97	0,42	9,18	2,72	10,65	1,33	1,33	1,22
16	16	11,79	0,85	10,96	0,42	9,18	2,72	10,64	1,33	1,33	1,22
17	17	11,79	0,85	10,94	0,42	9,17	2,72	10,63	1,33	1,34	1,22
18	18	11,79	0,85	10,92	0,42	9,17	2,72	10,63	1,33	1,33	1,22
19	19	11,79	0,85	10,9	0,42	9,17	2,72	10,62	1,33	1,33	1,22
20	20	11,79	0,85	10,88	0,42	9,17	2,72	10,61	1,33	1,33	1,22
21	21	11,79	0,85	10,84	0,42	9,17	2,72	10,60	1,33	1,33	1,22
22	22	11,79	0,85	10,83	0,41	9,17	2,72	10,60	1,33	1,33	1,23
23	23	11,79	0,85	10,8	0,41	9,17	2,72	10,59	1,33	1,32	1,23
24	24	11,79	0,85	10,78	0,41	9,17	2,72	10,58	1,33	1,32	1,23
25	25	11,79	0,85	10,76	0,41	9,17	2,72	10,57	1,33	1,32	1,23
26	26	11,78	0,85	10,73	0,41	9,17	2,72	10,56	1,33	1,31	1,23

27	27	11,78	0,85	10,7	0,41	9,17	2,72	10,55	1,33	1,31	1,23
28	28	11,78	0,85	10,67	0,41	9,17	2,72	10,54	1,33	1,31	1,23
29	29	11,78	0,85	10,64	0,41	9,17	2,72	10,53	1,33	1,31	1,23
30	30	11,78	0,85	10,6	0,41	9,17	2,72	10,52	1,33	1,31	1,23
31	31	11,78	0,85	10,56	0,4	9,17	2,72	10,50	1,32	1,31	1,23
32	32	11,78	0,85	10,52	0,4	9,17	2,72	10,49	1,32	1,31	1,23
33	33	11,78	0,84	10,49	0,39	9,17	2,72	10,48	1,32	1,31	1,24
34	34	11,78	0,84	10,44	0,39	9,17	2,72	10,46	1,32	1,31	1,24
35	35	11,78	0,84	10,41	0,39	9,16	2,72	10,45	1,32	1,31	1,24
36	36	11,77	0,84	10,37	0,39	9,16	2,72	10,43	1,32	1,31	1,24
37	37	11,77	0,85	10,34	0,39	9,16	2,72	10,42	1,32	1,31	1,23
38	38	11,77	0,84	10,32	0,39	9,16	2,72	10,42	1,32	1,31	1,24
39	39	11,77	0,84	10,3	0,38	9,16	2,72	10,41	1,31	1,31	1,24
40	40	11,77	0,85	10,27	0,38	9,17	2,72	10,40	1,32	1,31	1,24
41	41	11,77	0,85	10,24	0,38	9,17	2,72	10,39	1,32	1,31	1,24
42	42	11,77	0,84	10,22	0,38	9,17	2,72	10,39	1,31	1,31	1,24
43	43	11,77	0,85	10,2	0,37	9,17	2,72	10,38	1,31	1,31	1,24
44	44	11,77	0,85	10,18	0,37	9,16	2,72	10,37	1,31	1,32	1,24
45	45	11,76	0,85	10,16	0,37	9,16	2,72	10,36	1,31	1,31	1,24
46	46	11,76	0,85	10,13	0,37	9,16	2,72	10,35	1,31	1,31	1,24
47	47	11,76	0,85	10,12	0,37	9,16	2,72	10,35	1,31	1,31	1,24
48	48	11,76	0,85	10,1	0,37	9,16	2,72	10,34	1,31	1,32	1,24
49	49	11,76	0,85	10,09	0,37	9,16	2,72	10,34	1,31	1,32	1,24
50	50	11,76	0,85	10,06	0,37	9,16	2,72	10,33	1,31	1,32	1,24
51	51	11,76	0,85	10,04	0,37	9,16	2,72	10,32	1,31	1,32	1,24
52	52	11,75	0,85	10,02	0,37	9,16	2,72	10,31	1,31	1,32	1,24
53	53	11,75	0,85	10	0,37	9,16	2,72	10,30	1,31	1,32	1,24
54	54	11,75	0,85	9,99	0,37	9,16	2,72	10,30	1,31	1,32	1,24
55	55	11,75	0,85	9,96	0,36	9,16	2,72	10,29	1,31	1,33	1,25
56	56	11,75	0,85	9,93	0,36	9,16	2,72	10,28	1,31	1,33	1,25
57	57	11,75	0,85	9,94	0,36	9,16	2,72	10,28	1,31	1,33	1,25
58	58	11,75	0,85	9,9	0,36	9,16	2,72	10,27	1,31	1,33	1,25
59	59	11,75	0,85	9,88	0,36	9,16	2,72	10,26	1,31	1,34	1,25
60	60	11,75	0,85	9,86	0,36	9,16	2,72	10,26	1,31	1,34	1,25
61	65	11,74	0,85	9,79	0,35	9,16	2,72	10,23	1,31	1,35	1,25
62	70	11,73	0,85	9,7	0,35	9,16	2,72	10,20	1,31	1,36	1,25
63	75	11,73	0,85	9,61	0,34	9,16	2,72	10,17	1,30	1,37	1,25
64	80	11,73	0,85	9,57	0,34	9,16	2,72	10,15	1,30	1,38	1,25
65	85	11,72	0,85	9,52	0,34	9,16	2,72	10,13	1,30	1,39	1,25
66	90	11,71	0,84	9,47	0,34	9,15	2,72	10,11	1,30	1,39	1,25
67	95	11,7	0,84	9,44	0,33	9,16	2,72	10,10	1,30	1,39	1,26
68	100	11,7	0,84	9,39	0,33	9,16	2,72	10,08	1,30	1,40	1,26
69	105	11,7	0,84	9,36	0,33	9,16	2,72	10,07	1,30	1,41	1,26
70	110	11,69	0,84	9,35	0,33	9,16	2,72	10,07	1,30	1,41	1,26

71	115	11,68	0,84	9,32	0,33	9,16	2,72	10,05	1,30	1,41	1,26
72	120	11,67	0,84	9,31	0,33	9,15	2,72	10,04	1,30	1,41	1,26
73	135	11,61	0,83	9,28	0,33	9,15	2,72	10,01	1,29	1,38	1,26
74	150	11,61	0,83	9,26	0,32	9,14	2,72	10,00	1,29	1,39	1,26
75	165	11,57	0,83	9,25	0,32	9,14	2,72	9,99	1,29	1,37	1,26
76	180	11,44	0,82	9,23	0,32	9,14	2,71	9,94	1,28	1,30	1,26
77	195	11,35	0,81	9,23	0,32	9,13	2,71	9,90	1,28	1,25	1,26
78	210	11,17	0,79	9,23	0,32	9,12	2,71	9,84	1,27	1,15	1,27
79	225	11,09	0,78	9,23	0,32	9,12	2,71	9,81	1,27	1,11	1,27
80	240	10,83	0,76	9,22	0,32	9,12	2,7	9,72	1,26	0,96	1,27

3. Aki dengan Tambahan Nanopartikel perak 3 mM + Larutan H₂SO₄ konsentrasi 20% dengan rangkaian Lampu LED

No	t (menit)	Pengukuran I		Pengukuran II		Pengukuran III		\bar{V}	\bar{I}	$\Delta\bar{V}$	$\Delta\bar{I}$
		V	I	V	I	V	I				
1	1	11,67	0,47	11,67	2,68	11,67	1,28	11,67	1,48	0,00	1,12
2	2	11,65	0,46	11,65	2,68	11,65	1,27	11,65	1,47	0,00	1,12
3	3	11,63	0,47	11,63	2,7	11,63	1,27	11,63	1,48	0,00	1,13
4	4	11,63	0,47	11,63	2,7	11,63	1,27	11,63	1,48	0,00	1,13
5	5	11,62	0,47	11,62	2,76	11,62	1,27	11,62	1,50	0,00	1,16
6	6	11,61	0,47	11,61	2,71	11,61	1,27	11,61	1,48	0,00	1,14
7	7	11,61	0,47	11,61	2,87	11,61	1,27	11,61	1,54	0,00	1,22
8	8	11,6	0,47	11,6	2,86	11,6	1,27	11,60	1,53	0,00	1,22
9	9	11,59	0,33	11,59	2,86	11,59	1,26	11,59	1,48	0,00	1,28
10	10	11,59	0,33	11,59	2,86	11,59	1,26	11,59	1,48	0,00	1,28
11	11	11,58	0,34	11,58	2,86	11,58	1,26	11,58	1,49	0,00	1,28
12	12	11,58	0,36	11,58	2,85	11,58	1,26	11,58	1,49	0,00	1,26
13	13	11,57	0,36	11,57	2,82	11,57	1,26	11,57	1,48	0,00	1,24
14	14	11,56	0,34	11,56	2,76	11,56	1,26	11,56	1,45	0,00	1,22
15	15	11,55	0,37	11,55	2,76	11,55	1,26	11,55	1,46	0,00	1,21
16	16	11,55	0,37	11,55	2,76	11,55	1,26	11,55	1,46	0,00	1,21
17	17	11,54	0,37	11,54	2,88	11,54	1,26	11,54	1,50	0,00	1,27
18	18	11,53	0,37	11,53	2,88	11,53	1,24	11,53	1,50	0,00	1,27
19	19	11,52	0,37	11,52	2,89	11,52	1,23	11,52	1,50	0,00	1,28
20	20	11,51	0,36	11,51	2,89	11,51	1,23	11,51	1,49	0,00	1,29
21	21	11,51	0,37	11,51	2,89	11,51	1,23	11,51	1,50	0,00	1,28
22	22	11,5	0,37	11,5	2,88	11,5	1,23	11,50	1,49	0,00	1,28
23	23	11,47	0,37	11,47	2,88	11,47	1,23	11,47	1,49	0,00	1,28
24	24	11,47	0,37	11,47	2,89	11,47	1,22	11,47	1,49	0,00	1,28
25	25	11,45	0,37	11,45	2,88	11,45	1,22	11,45	1,49	0,00	1,28
26	26	11,45	0,37	11,45	2,89	11,45	1,22	11,45	1,49	0,00	1,28

27	27	11,44	0,37	11,44	2,89	11,44	1,22	11,44	1,49	0,00	1,28
28	28	11,43	0,37	11,43	2,88	11,43	1,22	11,43	1,49	0,00	1,28
29	29	11,41	0,37	11,41	2,89	11,41	1,22	11,41	1,49	0,00	1,28
30	30	11,41	0,37	11,41	2,88	11,41	1,22	11,41	1,49	0,00	1,28
31	31	11,38	0,37	11,38	2,89	11,38	1,21	11,38	1,49	0,00	1,28
32	32	11,37	0,37	11,37	2,87	11,37	1,21	11,37	1,48	0,00	1,27
33	33	11,36	0,37	11,36	2,88	11,36	1,21	11,36	1,49	0,00	1,28
34	34	11,35	0,37	11,35	2,88	11,35	1,21	11,35	1,49	0,00	1,28
35	35	11,35	0,37	11,35	2,88	11,35	1,21	11,35	1,49	0,00	1,28
36	36	11,33	0,37	11,33	2,88	11,33	1,21	11,33	1,49	0,00	1,28
37	37	11,32	0,37	11,32	2,88	11,32	1,21	11,32	1,49	0,00	1,28
38	38	11,31	0,37	11,31	2,89	11,31	1,21	11,31	1,49	0,00	1,28
39	39	11,3	0,37	11,3	2,89	11,3	1,21	11,30	1,49	0,00	1,28
40	40	11,28	0,37	11,28	2,88	11,28	1,2	11,28	1,48	0,00	1,28
41	41	11,27	0,37	11,27	2,88	11,27	1,2	11,27	1,48	0,00	1,28
42	42	11,26	0,37	11,26	2,88	11,26	1,2	11,26	1,48	0,00	1,28
43	43	11,24	0,37	11,24	2,9	11,24	1,19	11,24	1,49	0,00	1,29
44	44	11,23	0,37	11,23	2,89	11,23	1,19	11,23	1,48	0,00	1,29
45	45	11,22	0,37	11,22	2,88	11,22	1,19	11,22	1,48	0,00	1,28
46	46	11,2	0,37	11,2	2,89	11,2	1,19	11,20	1,48	0,00	1,29
47	47	11,19	0,37	11,19	2,88	11,19	1,19	11,19	1,48	0,00	1,28
48	48	11,17	0,37	11,17	2,89	11,17	1,19	11,17	1,48	0,00	1,29
49	49	11,15	0,37	11,15	2,89	11,15	1,18	11,15	1,48	0,00	1,29
50	50	11,14	0,37	11,14	2,86	11,14	1,18	11,14	1,47	0,00	1,27
51	51	11,12	0,37	11,12	2,72	11,12	1,18	11,12	1,42	0,00	1,19
52	52	11,1	0,37	11,1	2,86	11,1	1,18	11,10	1,47	0,00	1,27
53	53	11,08	0,37	11,08	2,86	11,08	1,17	11,08	1,47	0,00	1,27
54	54	11,06	0,37	11,06	2,86	11,06	1,17	11,06	1,47	0,00	1,27
55	55	11,05	0,37	11,05	2,87	11,05	1,17	11,05	1,47	0,00	1,28
56	56	11,04	0,37	11,04	2,87	11,04	1,17	11,04	1,47	0,00	1,28
57	57	11	0,37	11	2,88	11	1,16	11,00	1,47	0,00	1,28
58	58	10,98	0,47	10,98	2,88	10,98	1,16	10,98	1,50	0,00	1,24
59	59	10,96	0,48	10,96	2,89	10,96	1,16	10,96	1,51	0,00	1,24
60	60	10,95	0,48	10,95	2,88	10,95	1,15	10,95	1,50	0,00	1,24
61	65	10,82	0,48	10,82	2,87	10,82	1,14	10,82	1,50	0,00	1,23
62	70	10,65	0,48	10,65	2,88	10,65	1,1	10,65	1,49	0,00	1,25
63	75	9,74	0,48	9,74	2,88	9,74	1,06	9,74	1,47	0,00	1,25
64	80	9,72	0,48	9,72	2,9	9,72	1,02	9,72	1,47	0,00	1,27
65	85	9,94	0,47	9,94	2,78	9,94	1,01	9,94	1,42	0,00	1,21
66	90	9,78	0,47	9,78	2,9	9,78	1	9,78	1,46	0,00	1,28
67	95	9,68	0,48	9,68	2,91	9,68	0,98	9,68	1,46	0,00	1,28
68	100	9,59	0,35	9,59	2,85	9,59	0,98	9,59	1,39	0,00	1,30
69	105	9,7	0,35	9,7	2,88	9,7	0,98	9,70	1,40	0,00	1,32
70	110	9,7	0,36	9,7	2,9	9,7	0,99	9,70	1,42	0,00	1,32

71	115	9,7	0,36	9,7	2,94	9,7	0,99	9,70	1,43	0,00	1,35
72	120	9,7	0,36	9,7	2,93	9,7	0,99	9,70	1,43	0,00	1,34
73	135	9,7	0,36	9,7	2,94	9,7	0,96	9,70	1,42	0,00	1,35
74	150	9,67	0,36	9,67	2,89	9,67	0,97	9,67	1,41	0,00	1,32
75	165	9,65	0,37	9,65	2,9	9,65	0,97	9,65	1,41	0,00	1,32
76	180	9,62	0,37	9,62	2,9	9,62	0,96	9,62	1,41	0,00	1,32
77	195	9,62	0,37	9,62	2,88	9,62	0,95	9,62	1,40	0,00	1,31
78	210	9,6	0,37	9,6	2,89	9,6	0,95	9,60	1,40	0,00	1,32
79	225	9,52	0,37	9,52	2,88	9,52	0,93	9,52	1,39	0,00	1,32
80	240	9,5	0,47	9,5	2,88	9,5	0,92	9,50	1,42	0,00	1,28

4. Aki dengan Tambahan Nanopartikel perak 3 mM + Larutan H₂SO₄ konsentrasi 30% dengan rangkaian Lampu LED

No	t (menit)	Pengukuran I		Pengukuran II		Pengukuran III		\bar{V}	\bar{I}	$\Delta\bar{V}$	$\Delta\bar{I}$
		V	I	V	I	V	I				
1	1	12,01	3,81	11,87	3,7	11,73	3,6	11,87	3,70	0,14	0,11
2	2	11,99	3,8	11,86	3,61	11,72	3,51	11,86	3,64	0,14	0,15
3	3	11,99	3,79	11,85	3,74	11,71	3,64	11,85	3,72	0,14	0,08
4	4	11,99	3,78	11,85	3,74	11,71	3,64	11,85	3,72	0,14	0,07
5	5	11,99	3,77	11,85	3,74	11,71	3,64	11,85	3,72	0,14	0,07
6	6	11,99	3,74	11,85	3,74	11,71	3,64	11,85	3,71	0,14	0,06
7	7	11,99	3,72	11,84	3,74	11,7	3,64	11,84	3,70	0,15	0,05
8	8	11,99	3,73	11,84	3,74	11,7	3,64	11,84	3,70	0,15	0,06
9	9	11,99	3,78	11,84	3,72	11,7	3,62	11,84	3,71	0,15	0,08
10	10	11,99	3,78	11,84	3,72	11,7	3,62	11,84	3,71	0,15	0,08
11	11	11,99	3,75	11,84	3,72	11,7	3,62	11,84	3,70	0,15	0,07
12	12	11,99	3,76	11,84	3,72	11,7	3,62	11,84	3,70	0,15	0,07
13	13	11,99	3,75	11,84	3,72	11,7	3,62	11,84	3,70	0,15	0,07
14	14	11,99	3,78	11,84	3,72	11,7	3,62	11,84	3,71	0,15	0,08
15	15	11,99	3,77	11,84	3,73	11,7	3,63	11,84	3,71	0,15	0,07
16	16	11,99	3,76	11,84	3,66	11,7	3,56	11,84	3,66	0,15	0,10
17	17	11,99	3,77	11,84	3,66	11,7	3,56	11,84	3,66	0,15	0,11
18	18	11,99	3,76	11,83	3,66	11,69	3,56	11,84	3,66	0,15	0,10
19	19	11,99	3,76	11,83	3,66	11,69	3,56	11,84	3,66	0,15	0,10
20	20	11,99	3,76	11,83	3,74	11,69	3,64	11,84	3,71	0,15	0,06
21	21	11,99	3,77	11,83	3,74	11,69	3,64	11,84	3,72	0,15	0,07
22	22	11,99	3,76	11,83	3,74	11,69	3,64	11,84	3,71	0,15	0,06
23	23	11,99	3,75	11,83	3,74	11,69	3,64	11,84	3,71	0,15	0,06
24	24	11,99	3,76	11,83	3,74	11,69	3,64	11,84	3,71	0,15	0,06
25	25	11,99	3,76	11,83	3,74	11,69	3,64	11,84	3,71	0,15	0,06
26	26	11,98	3,76	11,83	3,74	11,69	3,64	11,83	3,71	0,15	0,06

27	27	11,98	3,76	11,83	3,74	11,69	3,64	11,83	3,71	0,15	0,06
28	28	11,98	3,76	11,83	3,74	11,69	3,64	11,83	3,71	0,15	0,06
29	29	11,98	3,76	11,83	3,74	11,69	3,64	11,83	3,71	0,15	0,06
30	30	11,98	3,76	11,83	3,74	11,69	3,64	11,83	3,71	0,15	0,06
31	31	11,98	3,75	11,83	3,74	11,69	3,64	11,83	3,71	0,15	0,06
32	32	11,98	3,75	11,83	3,74	11,69	3,64	11,83	3,71	0,15	0,06
33	33	11,98	3,75	11,82	3,74	11,68	3,64	11,83	3,71	0,15	0,06
34	34	11,98	3,75	11,82	3,74	11,68	3,64	11,83	3,71	0,15	0,06
35	35	11,98	3,75	11,82	3,73	11,68	3,63	11,83	3,70	0,15	0,06
36	36	11,98	3,74	11,82	3,73	11,68	3,63	11,83	3,70	0,15	0,06
37	37	11,98	3,74	11,82	3,73	11,68	3,63	11,83	3,70	0,15	0,06
38	38	11,98	3,74	11,82	3,73	11,68	3,63	11,83	3,70	0,15	0,06
39	39	11,98	3,74	11,82	3,73	11,68	3,63	11,83	3,70	0,15	0,06
40	40	11,98	3,74	11,82	3,73	11,68	3,63	11,83	3,70	0,15	0,06
41	41	11,98	3,73	11,82	3,72	11,68	3,62	11,83	3,69	0,15	0,06
42	42	11,98	3,74	11,82	3,72	11,68	3,62	11,83	3,69	0,15	0,06
43	43	11,98	3,74	11,81	3,72	11,67	3,62	11,82	3,69	0,16	0,06
44	44	11,98	3,74	11,81	3,72	11,67	3,62	11,82	3,69	0,16	0,06
45	45	11,97	3,74	11,81	3,72	11,67	3,62	11,82	3,69	0,15	0,06
46	46	11,97	3,74	11,81	3,72	11,67	3,62	11,82	3,69	0,15	0,06
47	47	11,97	3,74	11,81	3,71	11,67	3,61	11,82	3,69	0,15	0,07
48	48	11,97	3,74	11,81	3,71	11,67	3,61	11,82	3,69	0,15	0,07
49	49	11,97	3,74	11,81	3,71	11,67	3,61	11,82	3,69	0,15	0,07
50	50	11,97	3,74	11,81	3,71	11,67	3,61	11,82	3,69	0,15	0,07
51	51	11,97	3,74	11,81	3,71	11,67	3,61	11,82	3,69	0,15	0,07
52	52	11,97	3,74	11,81	3,7	11,67	3,6	11,82	3,68	0,15	0,07
53	53	11,97	3,76	11,81	3,7	11,67	3,6	11,82	3,69	0,15	0,08
54	54	11,97	3,76	11,81	3,7	11,67	3,6	11,82	3,69	0,15	0,08
55	55	11,97	3,76	11,81	3,7	11,67	3,6	11,82	3,69	0,15	0,08
56	56	11,97	3,76	11,81	3,7	11,67	3,6	11,82	3,69	0,15	0,08
57	57	11,97	3,76	11,81	3,7	11,67	3,6	11,82	3,69	0,15	0,08
58	58	11,97	3,76	11,81	3,7	11,67	3,6	11,82	3,69	0,15	0,08
59	59	11,97	3,76	11,8	3,7	11,66	3,6	11,81	3,69	0,16	0,08
60	60	11,97	3,76	11,8	3,7	11,66	3,6	11,81	3,69	0,16	0,08
61	65	11,96	3,64	11,8	3,72	11,66	3,62	11,81	3,66	0,15	0,05
62	70	11,96	3,63	11,8	3,72	11,66	3,62	11,81	3,66	0,15	0,06
63	75	11,96	3,64	11,79	3,71	11,65	3,61	11,80	3,65	0,16	0,05
64	80	11,96	3,67	11,79	3,71	11,65	3,61	11,80	3,66	0,16	0,05
65	85	11,95	3,72	11,78	3,71	11,64	3,61	11,79	3,68	0,16	0,06
66	90	11,95	3,69	11,78	3,71	11,64	3,61	11,79	3,67	0,16	0,05
67	95	11,95	3,68	11,78	3,71	11,64	3,61	11,79	3,67	0,16	0,05
68	100	11,95	3,59	11,77	3,71	11,63	3,61	11,78	3,64	0,16	0,06
69	105	11,94	3,74	11,77	3,71	11,63	3,61	11,78	3,69	0,16	0,07
70	110	11,94	3,73	11,76	3,7	11,62	3,6	11,77	3,68	0,16	0,07

71	115	11,94	3,69	11,76	3,7	11,62	3,6	11,77	3,66	0,16	0,06
72	120	11,93	3,62	11,76	3,7	11,62	3,6	11,77	3,64	0,16	0,05
73	135	11,92	3,66	11,74	3,69	11,6	3,59	11,75	3,65	0,16	0,05
74	150	11,91	3,7	11,73	3,68	11,59	3,58	11,74	3,65	0,16	0,06
75	165	11,9	3,68	11,71	3,67	11,57	3,57	11,73	3,64	0,17	0,06
76	180	11,9	3,76	11,7	3,66	11,56	3,56	11,72	3,66	0,17	0,10
77	195	11,89	3,73	11,69	3,66	11,55	3,56	11,71	3,65	0,17	0,09
78	210	11,87	3,72	11,68	3,66	11,54	3,56	11,70	3,65	0,17	0,08
79	225	11,87	3,73	11,66	3,65	11,52	3,55	11,68	3,64	0,18	0,09
80	240	11,85	3,7	11,64	3,64	11,5	3,54	11,66	3,63	0,18	0,08

5. Aki dengan Tambahan Nanopartikel perak 3 mM + Larutan H₂SO₄ konsentrasi 40% dengan rangkaian Lampu LED

No	t (menit)	Pengukuran I		Pengukuran II		Pengukuran III		\bar{V}	\bar{I}	$\Delta\bar{V}$	$\Delta\bar{I}$
		V	I	V	I	V	I				
1	1	12,29	3,87	12,09	3,77	11,94	3,71	12,11	3,78	0,18	0,08
2	2	12,21	3,87	12,01	3,77	11,86	3,71	12,03	3,78	0,18	0,08
3	3	12,16	3,87	11,96	3,77	11,81	3,71	11,98	3,78	0,18	0,08
4	4	12,16	3,87	11,96	3,77	11,81	3,71	11,98	3,78	0,18	0,08
5	5	12,16	3,86	11,96	3,76	11,81	3,7	11,98	3,77	0,18	0,08
6	6	12,15	3,86	11,95	3,76	11,8	3,7	11,97	3,77	0,18	0,08
7	7	12,14	3,86	11,94	3,76	11,79	3,7	11,96	3,77	0,18	0,08
8	8	12,14	3,86	11,94	3,76	11,79	3,7	11,96	3,77	0,18	0,08
9	9	12,12	3,86	11,92	3,76	11,77	3,7	11,94	3,77	0,18	0,08
10	10	12,09	3,86	11,89	3,76	11,74	3,7	11,91	3,77	0,18	0,08
11	11	12,07	3,86	11,87	3,76	11,72	3,7	11,89	3,77	0,18	0,08
12	12	12,06	3,86	11,86	3,76	11,71	3,7	11,88	3,77	0,18	0,08
13	13	12,06	3,86	11,86	3,76	11,71	3,7	11,88	3,77	0,18	0,08
14	14	12,06	3,86	11,86	3,76	11,71	3,7	11,88	3,77	0,18	0,08
15	15	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
16	16	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
17	17	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
18	18	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
19	19	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
20	20	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
21	21	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
22	22	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
23	23	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
24	24	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
25	25	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
26	26	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08

27	27	12,05	3,86	11,85	3,76	11,7	3,7	11,87	3,77	0,18	0,08
28	28	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
29	29	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
30	30	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
31	31	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
32	32	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
33	33	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
34	34	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
35	35	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
36	36	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
37	37	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
38	38	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
39	39	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
40	40	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
41	41	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
42	42	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
43	43	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
44	44	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
45	45	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
46	46	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
47	47	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
48	48	12,05	3,85	11,85	3,75	11,7	3,69	11,87	3,76	0,18	0,08
49	49	12,05	3,84	11,85	3,74	11,7	3,68	11,87	3,75	0,18	0,08
50	50	12,05	3,84	11,85	3,74	11,7	3,68	11,87	3,75	0,18	0,08
51	51	12,05	3,84	11,85	3,74	11,7	3,68	11,87	3,75	0,18	0,08
52	52	12,05	3,84	11,85	3,74	11,7	3,68	11,87	3,75	0,18	0,08
53	53	12,05	3,84	11,85	3,74	11,7	3,68	11,87	3,75	0,18	0,08
54	54	12,05	3,84	11,85	3,74	11,7	3,68	11,87	3,75	0,18	0,08
55	55	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
56	56	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
57	57	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
58	58	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
59	59	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
60	60	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
61	65	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
62	70	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
63	75	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
64	80	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
65	85	12,04	3,84	11,84	3,74	11,69	3,68	11,86	3,75	0,18	0,08
66	90	12,03	3,84	11,83	3,74	11,68	3,68	11,85	3,75	0,18	0,08
67	95	12,03	3,84	11,83	3,74	11,68	3,68	11,85	3,75	0,18	0,08
68	100	12,03	3,84	11,83	3,74	11,68	3,68	11,85	3,75	0,18	0,08
69	105	12,03	3,84	11,83	3,74	11,68	3,68	11,85	3,75	0,18	0,08
70	110	12,03	3,84	11,83	3,74	11,68	3,68	11,85	3,75	0,18	0,08

71	115	12,03	3,84	11,83	3,74	11,68	3,68	11,85	3,75	0,18	0,08
72	120	12,02	3,84	11,82	3,74	11,67	3,68	11,84	3,75	0,18	0,08
73	135	12,02	3,83	11,82	3,73	11,67	3,67	11,84	3,74	0,18	0,08
74	150	12,01	3,83	11,81	3,73	11,66	3,67	11,83	3,74	0,18	0,08
75	165	12,01	3,82	11,81	3,72	11,66	3,66	11,83	3,73	0,18	0,08
76	180	12	3,82	11,8	3,72	11,65	3,66	11,82	3,73	0,18	0,08
77	195	12	3,82	11,8	3,72	11,65	3,66	11,82	3,73	0,18	0,08
78	210	11,99	3,82	11,79	3,72	11,64	3,66	11,81	3,73	0,18	0,08
79	225	11,98	3,82	11,78	3,72	11,63	3,66	11,80	3,73	0,18	0,08
80	240	11,97	3,82	11,77	3,72	11,62	3,66	11,79	3,73	0,18	0,08

6. Aki dengan Tambahan Nanopartikel perak 3 mM + Larutan H₂SO₄ konsentrasi 50% dengan rangkaian Lampu LED

No	t (menit)	Pengukuran I		Pengukuran II		Pengukuran III		\bar{V}	\bar{I}	$\Delta\bar{V}$	$\Delta\bar{I}$
		V	I	V	I	V	I				
1	1	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
2	2	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
3	3	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
4	4	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
5	5	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
6	6	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
7	7	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
8	8	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
9	9	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
10	10	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
11	11	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
12	12	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
13	13	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
14	14	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
15	15	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
16	16	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
17	17	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
18	18	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
19	19	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
20	20	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
21	21	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
22	22	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
23	23	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
24	24	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
25	25	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04

26	26	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
27	27	12,06	3,88	11,94	3,85	11,77	3,81	11,92	3,85	0,15	0,04
28	28	12,06	3,87	11,94	3,84	11,77	3,8	11,92	3,84	0,15	0,04
29	29	12,06	3,87	11,94	3,84	11,77	3,8	11,92	3,84	0,15	0,04
30	30	12,06	3,87	11,94	3,84	11,77	3,8	11,92	3,84	0,15	0,04
31	31	12,06	3,87	11,94	3,84	11,77	3,8	11,92	3,84	0,15	0,04
32	32	12,06	3,87	11,94	3,84	11,77	3,8	11,92	3,84	0,15	0,04
33	33	12,06	3,87	11,94	3,84	11,77	3,8	11,92	3,84	0,15	0,04
34	34	12,06	3,87	11,94	3,84	11,77	3,8	11,92	3,84	0,15	0,04
35	35	12,06	3,87	11,94	3,84	11,77	3,8	11,92	3,84	0,15	0,04
36	36	12,06	3,87	11,94	3,84	11,77	3,8	11,92	3,84	0,15	0,04
37	37	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
38	38	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
39	39	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
40	40	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
41	41	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
42	42	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
43	43	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
44	44	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
45	45	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
46	46	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
47	47	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
48	48	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
49	49	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
50	50	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
51	51	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
52	52	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
53	53	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
54	54	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
55	55	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
56	56	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
57	57	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
58	58	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
59	59	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
60	60	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
61	65	12,05	3,87	11,93	3,84	11,76	3,8	11,91	3,84	0,15	0,04
62	70	12,04	3,86	11,92	3,83	11,75	3,79	11,90	3,83	0,15	0,04
63	75	12,04	3,86	11,92	3,83	11,75	3,79	11,90	3,83	0,15	0,04
64	80	12,04	3,86	11,92	3,83	11,75	3,79	11,90	3,83	0,15	0,04
65	85	12,03	3,86	11,91	3,83	11,74	3,79	11,89	3,83	0,15	0,04
66	90	12,03	3,86	11,91	3,83	11,74	3,79	11,89	3,83	0,15	0,04
67	95	12,03	3,86	11,91	3,83	11,74	3,79	11,89	3,83	0,15	0,04
68	100	12,03	3,86	11,91	3,83	11,74	3,79	11,89	3,83	0,15	0,04
69	105	12,02	3,86	11,9	3,83	11,73	3,79	11,88	3,83	0,15	0,04

70	110	12,02	3,86	11,9	3,83	11,73	3,79	11,88	3,83	0,15	0,04
71	115	12,02	3,85	11,9	3,82	11,73	3,78	11,88	3,82	0,15	0,04
72	120	12,02	3,85	11,9	3,82	11,73	3,78	11,88	3,82	0,15	0,04
73	135	12,02	3,85	11,9	3,82	11,73	3,78	11,88	3,82	0,15	0,04
74	150	12,01	3,85	11,89	3,82	11,72	3,78	11,87	3,82	0,15	0,04
75	165	12,01	3,85	11,89	3,82	11,72	3,78	11,87	3,82	0,15	0,04
76	180	12	3,85	11,88	3,82	11,71	3,78	11,86	3,82	0,15	0,04
77	195	11,99	3,84	11,87	3,81	11,7	3,77	11,85	3,81	0,15	0,04
78	210	11,98	3,84	11,86	3,81	11,69	3,77	11,84	3,81	0,15	0,04
79	225	11,98	3,84	11,86	3,81	11,69	3,77	11,84	3,81	0,15	0,04
80	240	11,98	3,84	11,86	3,81	11,69	3,77	11,84	3,81	0,15	0,04