

# STUDI OBSERVASI TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN AKI *MAINTENANCE FREE* BEKAS SETELAH DITAMBAH NANOPARTIKEL PERAK DALAM BENTUK LARUTAN $\text{AgNO}_3$

## AN OBSERVATION STUDY FOR THE OUTPUT VOLTAGE AND ELECTRIC CURRENT IN THE USED *MAINTENANCE FREE* ACCUMULATOR AFTER ADD BY SILVER NANOPARTICLES IN $\text{AgNO}_3$ SOLUTION

Riksa Ginanjar, Wipsar Sunu Brams Dwandaru\*

Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Komplek Karangmalang, Yogyakarta, 55281, Indonesia

\*Email: [wipsarian@uny.ac.id](mailto:wipsarian@uny.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk i) mengetahui pola tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup, ii) mengetahui pola arus keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup. Penelitian ini dimulai dengan membuat nanopartikel perak dalam bentuk larutan  $\text{AgNO}_3$  3 mM untuk setiap penelitian yang dilakukan. Selanjutnya, menguji karakteristik absorbansi larutan nanopartikel perak dengan uji Spektrofotometer UV-Vis. Kemudian, 3 mL larutan nanopartikel perak dengan nilai absorbansi 3,187 ditambahkan ke dalam aki *maintenance free* bekas. Pengukuran tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas dilakukan selama 240 menit dengan pemakaian 2 lampu LED. Data hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik yang selanjutnya dianalisis menggunakan *fitting* Origin untuk dicari fungsi dari tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas tersebut. Berdasarkan hasil yang diperoleh, pola tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambah nanopartikel perak 3 mM berbentuk fungsi polinomial orde 3. Fungsi karakteristik tegangan keluaran minggu 1:  $y = 8,507 + 0,0021x + (1,01\text{E-}05)x^2 + (-2,1\text{E-}08)x^3$ , minggu 2:  $y = 8,694 - 0,0013x + (5,6\text{E-}06)x^2 + (-1,8\text{E-}08)x^3$ , minggu 3:  $y = 8,746 - 0,0019x + (4,3\text{E-}06)x^2 + (-4\text{E-}09)x^3$ , minggu 4:  $y = 9,015 - 0,0018x + (5\text{E-}06)x^2 + (-1,1\text{E-}08)x^3$ . Fungsi karakteristik arus keluaran minggu 1:  $y = 2,5006 + (-9,8\text{E-}04)x + (5,1\text{E-}06)x^2 + (-1,1\text{E-}08)x^3$ , minggu 2:  $y = 2,5422 + (-3,7\text{E-}04)x + (1,5\text{E-}06)x^2 + (-7\text{E-}09)x^3$ , minggu 3:  $y = 2,537 + (-1,7\text{E-}03)x + (1,4\text{E-}05)x^2 + (-4,0\text{E-}08)x^3$ , minggu 4:  $y = 2,657 - 0,0010x + (7,1\text{E-}06)x^2 + (-2,2\text{E-}08)x^3$ .

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

### Abstract

*This study aims to i) find out the pattern of the output voltage in the used maintenance free accumulator which is added by silver nanoparticles in a closed circuit, ii) find out the output electric current pattern of the maintenance free accumulator which is added by silver nanoparticles in a closed circuit. This study began by making silver nanoparticles in the form of 3 mM  $\text{AgNO}_3$  solution for each study. Next, testing the absorbance characteristics of silver nanoparticles solution by UV-Vis Spectrophotometer. Then, 3 mL of silver nanoparticle solution with an absorbance value of 3.187 was added to the used maintenance free accumulator. Measurement of the output voltage and electric current of the used maintenance free accumulator is carried out for 240 minutes with the use of 2 LED lights. The results of this research are presented in graphical form which is then analyzed using Origin fitting to find the function of the output voltage and electric current of the free maintenance free accumulator. Based on the results obtained, the output voltage and current pattern of maintenance free batteries plus 3 mM silver nanoparticles are in the form of an order polynomial function 3. The output voltage characteristic function is week 1:  $y = 8,507 + 0,0021x + (1,01\text{E-}05)x^2 + (-2,1\text{E-}08)x^3$ , week 2:  $y = 8,694 - 0,0013x +$*

$(5,6E-06)x^2 + (-1,8E-08)x^3$ , week 3:  $y = 8,746 - 0,0019x + (4,3E-06)x^2 + (-4E-09)x^3$ , week 4:  $y = 9,015 - 0,0018x + (5E-06)x^2 + (-1,1E-08)x^3$ . The output electric current characteristic function is week 1:  $y = 2,5006 + (-9,8E-04)x + (5,1E-0,6)x^2 + (-1,1E-08)x^3$ , week 2:  $y = 2,5422 + (-3,7E-04)x + (1,5E-06)x^2 + (-7E-09)x^3$ , week 3:  $y = 2,537 + (-1,7E-03)x + (1,4E-05)x^2 + (-4,0E-08)x^3$ , week 4:  $y = 2,657 - 0,0010x + (7,1E-06)x^2 + (-2,2E-08)x^3$ .

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

## PENDAHULUAN

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

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

Hal ini yang kemudian mendorong manusia untuk berusaha menemukan sumber energi

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

Aki merupakan komponen penting dalam sistem kelistrikan kendaraan bermotor. Ada dua jenis aki yang digunakan masyarakat untuk kendaraan bermotornya yaitu aki basah dan aki *maintenance free*. Aki basah memiliki cairan elektrolit yang berada di dalamnya. Cairan tersebut terdiri dari campuran air dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang masyarakat secara umum mengenalnya sebagai air aki atau *accu zuur*. Fungsi utama dari *accu zuur* ini adalah merendam sel-sel pada aki basah. Jika volume air aki kurang dari batas minimal maka sel-sel aki akan teroksidasi dan berkarat (Treptow, 2002).

Aki *maintenance free* merupakan model pengembangan dari aki basah. Di masyarakat aki *maintenance free* biasa disebut aki MF (*maintenance free*) yang artinya bebas perawatan karena dalam masa pemakaian aki MF tidak perlu mengisi ulang air aki seperti pada aki basah. Namun, pada jangka waktu tertentu penggunaan aki *maintenance free* akan mengalami *drop*

*voltage* akibat dari berkurangnya larutan asam sulfat (*sulfure acid*) di dalam setiap selnya. Kenyataan di masyarakat menunjukkan bahwa aki *maintenance free* biasanya digunakan hanya sekali dalam penggunaannya. Seiring perkembangan teknologi, aki *maintenance free* mampu di-charge ulang dan dapat digunakan kembali.

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

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

Salah satu hal yang menarik untuk diteliti dan dikembangkan adalah penambahan nanopartikel perak ke dalam aki *maintenance free* bekas yang berisi larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) tersebut. Seperti yang diketahui, bahwa asam sulfat biasa digunakan sebagai bahan utama akumulator baik basah maupun *maintenance free*. Dalam hal ini, dilakukan observasi pada aki *maintenance free* bekas setelah penambahan nanopartikel perak 3 mM.

Penelitian ini bertujuan untuk i) mengetahui pola tegangan keluaran aki

*maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup, ii) mengetahui pola arus keluaran aki *maintenance free* bekas yang ditambahkan nanopartikel perak pada rangkaian tertutup.

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian observasi ini adalah mendapatkan informasi mengenai pengaruh penambahan larutan nanopartikel  $AgNO_3$  terhadap tegangan dan arus keluaran aki *maintenance free* bekas, dapat memicu perhatian civitas akademika untuk melakukan penelitian-penelitian lainnya di bidang nanosains dan nanoteknologi, dan 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.

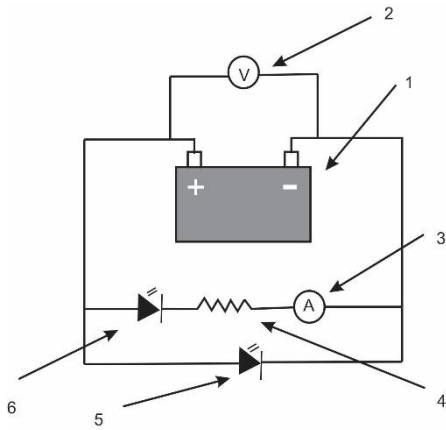
## METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian

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

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini i) 1 gram  $Na_3C_6H_5O_7$  (*trisodium citrate*), ii) 1 gram  $AgNO_3$  (*silver nitrate*), and iii) 2 liters of distilled water; Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah i) 1 buah aki *maintenance free* bekas merek GS Astra, ii) 1 buah pemanas (*heater*), iii) 3 buah gelas beker 500 mL, iv) 1 tabung ukur 15 mL, v) 6 tabung reaksi, vi) 1 buah rak tabung reaksi, vii) 3 buah pipet tetes, viii) 1 buah termometer, ix) 2 buah multimeter digital, x) 1 buah timbangan digital, xi) 14 buah kabel penghubung, xii) 8 buah caput buaya, xiii) 1 buah lampu LED merah, xiv) 1 buah lampu LED putih, xv) 1 buah *charger* aki, xvi) 1 buah stopwatch, dan xvii) 1 buah pengaduk.



**Gambar 1.** Skema pengukuran dengan lampu 2 LED.

Dalam kasus ini, nomer 1 adalah aki *maintenance free* bekas, nomer 2 adalah voltmeter, nomer 3 adalah amperemeter, nomer 4 adalah resistor, nomer 5 adalah lampu LED putih, nomer 6 lampu LED merah.

## Teknik Analisis Data

### 1. Uji UV-Vis Nanopartikel Perak

Larutan nanopartikel perak diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorbansi maksimum dan serapan panjang gelombang yang dimiliki larutan tersebut. Nanopartikel perak memiliki serapan panjang gelombang pada rentang 400-500 nm. Panjang gelombang pada absorbansi maksimum dari hasil UV-Vis kemudian akan dibandingkan dengan literatur sehingga diperoleh ukuran partikel nano dari larutan nanopartikel perak.

### 2. Uji secara Grafik Tegangan dan Arus

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

## Kerangka Berpikir

Dalam penelitian ini dilakukan pengontrolan terhadap konsentrasi garam perak untuk sintesis nanopartikel perak dengan konsentrasi 3 mM. sintesis nanopartikel perak ini dilakukan dalam 3 hari. Kemudian hasil sintesis nanopartikel perak konsentrasi 3 mM tersebut

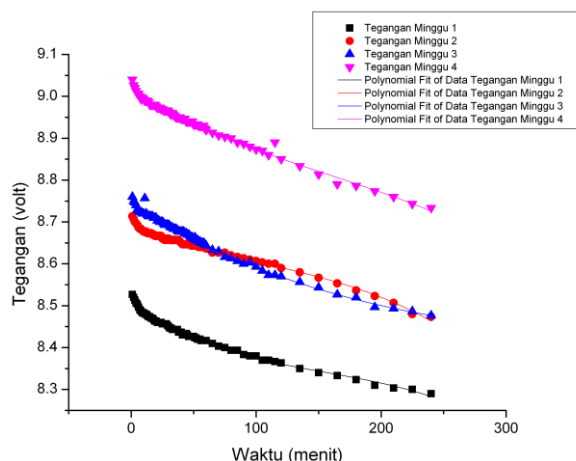
diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sehingga dari beberapa hasil sintesis tersebut dapat diketahui karakteristik larutan nanopartikel peraknya. Hasil uji UV-Vis akan menunjukkan panjang gelombang absorbansi dan seberapa besar serapan dari larutan campuran nanopartikel perak. Dalam penelitian ini, akan dilakukan penambahan nanopartikel perak pada aki *maintenance free* bekas. Pengukuran tegangan dan arus keluaran terhadap waktu dari aki *maintenance free* bekas dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel perak pada aki *maintenance free* bekas. Penurunan tegangan ini memperlihatkan pola karakteristik tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

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

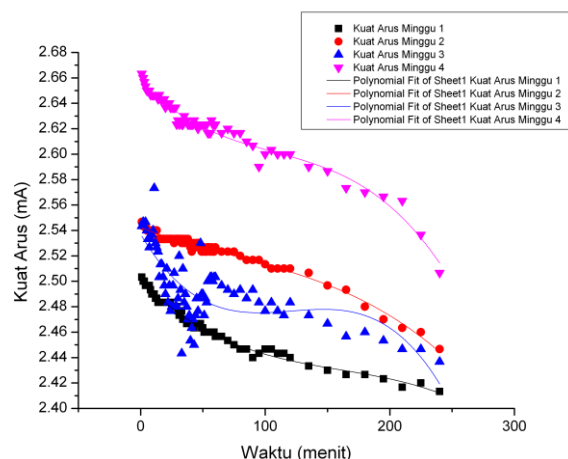
Data yang diperoleh selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *fitting* polinomial orde 3. Hal ini karena secara faktual, karakteristik tegangan keluaran aki (baterai) ketika diberi beban memiliki fungsi yang paling mendekati polanya adalah fungsi polinomial orde 3. Analisis data *fitting* fungsi polinomial orde 3 oleh Origin memberikan bentuk fungsi polinomial beserta nilai variabel, dan koefisiennya serta nilai  $R^2$ . Nilai  $R^2$  adalah nilai yang mengukur seberapa jauh model dalam menerangkan variabel terikat dimana variabel terikat dalam penelitian ini adalah tegangan keluaran aki *maintenance free* bekas. Rentang nilai  $R^2$  adalah antara 0 sampai dengan 1. Jika nilai  $R^2$  memberikan nilai 1 menunjukkan bahwa plot-plot data menempel seluruhnya pada garis *fitting*. Berikut ini adalah bentuk fungsi polinomial:  $y = \text{Intercept} + B1 \cdot x^1 +$

$B2*x^2 + B3*x^3$  dengan variabel  $y$  merupakan nilai tegangan atau arus keluaran aki *maintenance free* bekas. Nilai  $B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8,$  dan  $B9$  menunjukkan koefisien dari variabel  $x$  dan nilai *Intercept* adalah nilai tegangan awal ( $V_0$ ) atau arus awal ( $I_0$ ) pada nilai  $x = 0$  berdasarkan *fitting* grafik. Nilai  $x$  merupakan masukan nilai untuk waktu pengukuran tegangan dan arus listrik.



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

Data tegangan keluaran diperoleh selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 2) yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *fitting* polinomial orde 3. Analisis data *fitting* fungsi polinomial orde 3 oleh Origin memberikan bentuk fungsi polinomial beserta nilai variabel, dan koefisiennya serta nilai  $R^2$ . Fungsi karakteristik tegangan keluaran minggu 1:  $y = 8,507 + 0,0021x + (1,01E-05)x^2 + (-2,1E-08)x^3$ , minggu 2:  $y = 8,694 - 0,0013x + (5,6E-06)x^2 + (-1,8E-08)x^3$ , minggu 3:  $y = 8,746 - 0,0019x + (4,3E-06)x^2 + (-4E-09)x^3$ , minggu 4:  $y = 9,015 - 0,0018x + (5E-06)x^2 + (-1,1E-08)x^3$ .



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

Data arus keluaran diperoleh selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 3) yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *fitting* polinomial orde 3. Analisis data *fitting* fungsi polinomial orde 3 oleh Origin memberikan bentuk fungsi polinomial beserta nilai variabel, dan koefisiennya serta nilai  $R^2$ . Fungsi karakteristik arus keluaran minggu 1:  $y = 2,5006 + (-9,8E-04)x + (5,1E-06)x^2 + (-1,1E-08)x^3$ , minggu 2:  $y = 2,5422 + (-3,7E-04)x + (1,5E-06)x^2 + (-7E-09)x^3$ , minggu 3:  $y = 2,537 + (-1,7E-03)x + (1,4E-05)x^2 + (-4,0E-08)x^3$ , minggu 4:  $y = 2,657 - 0,0010x + (7,1E-06)x^2 + (-2,2E-08)x^3$ .

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

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

03)x + (1,4E-05)x<sup>2</sup> + (-4,0E-08)x<sup>3</sup>, minggu 4: y = 2,657 - 0,0010x + (7,1E-06)x<sup>2</sup> + (-2,2E-08)x<sup>3</sup>.

## Saran

Berbagai tindak lanjut yang dapat dilakukan dalam penelitian ini antara lain: Penelitian ini memberikan informasi mengenai keberadaan dan karakteristik partikel berukuran *nano* pada larutan nanopartikel perak 3 mM yang disintesis. Metode yang digunakan untuk mengetahui keberadaan nanopartikel perak adalah dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Untuk hasil yang lebih baik, dalam penelitian ini dapat dilakukan dengan alat yang berbeda missal *particle size analyzer* (PSA). Penelitian ini menggunakan aki *maintenance free* bekas yang sudah terpakai. Diharapkan pada penelitian yang lebih lanjut dapat menguji coba aki *maintenance free* baru yang ditambahkan nanopartikel perak. 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, Danielle dan Rick Trutna. (2008). *Physics of Particle Size Spectrophotometry*. USA: Agilent Technologies Inc.

Derman, Moch Nazree. (2009). *The Influence of Sulfuric Acid Concentration on Hard Anodising Process on Powder Metallurgy Al-Mg*. Malaysia: Perlis University.

Fauss, Emma (2008). *The Silver Nanotechnology Commercial Inventory*. USA: University of Virginia.

Friedman, Leonard.J. (2000). *The History of The Contact Sulfuric Acid Process*. USA: Boca Raton.

Friedman, Samantha.J. (2000). *Basic UV-Vis Theory, Concepts, and Applications*. USA: Thermo Spectronic.

Gaffet, Erwin. (2004). *Nanoscience and Nanotechnologies*. England: The Royal Academy of Engineering.

Gaffet, Erwin. (2004). *Definition, Application, and Effect Health of Nanomaterials*.

*Studi Observasi terhadap.... (Riksa Ginanjar)83*

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.

Pulit, Jolanta. (2013). *Nanosilver: Making Difficult Decision*. Rusia: Cracow University of Technology.

Serpone, Nick dan Satoshi Horikhosi. (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.

Yogyakarta, 21 Agustus 2018

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing

Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph. D.

NIP. 19800129 200501 1003