

Pengembangan Materi Praktikum Elektrolisis Menggunakan Sumber Arus Tetap Ar.500

Eni Yulianti dan Indra Noviandri*

Program Studi Pengajaran Kimia
*Dosen Kelompok Keahlian Kimia Analitik,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Email korespondensi: innov@chem.itb.ac.id

Abstrak

Salah satu bentuk media yang sesuai dengan materi elektrolisis adalah modul praktikum. Elektrolisis adalah proses penguraian senyawa kimia yang memerlukan energi listrik. Pada penelitian ini, penulis menyusun suatu modul praktikum elektrolisis menggunakan constant current power supply AR.500 sebagai alat penghasil arus listrik. Modul praktikum dan alat yang disusun diharapkan dapat mendukung pembelajaran elektrolisis di SMA terutama menjelaskan hukum Faraday I. Sebelum digunakan untuk menyusun modul praktikum, terlebih dahulu diukur efisiensi alat. Elektrolisis dilakukan pada larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam asam, campuran $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan KI, dan larutan NaCl. Elektroda yang digunakan adalah elektroda C-Cu. C sebagai elektroda positif dan Cu sebagai elektroda negatif. Pada elektrolisis larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam asam diperoleh endapan Cu di katoda dan gas O_2 di anoda, pada elektrolisis campuran $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan KI dihasilkan I_2 di anoda dan gas H_2 di katoda, dan pada elektrolisis larutan NaCl dihasilkan OH^- di katoda. Efisiensi percobaan menggunakan constant current power supply AR.500 cukup tinggi. Efisiensi tertinggi pada elektrolisis $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam asam adalah 99,22%, pada campuran $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan KI adalah 94,78 %. Hasil elektrolisis secara umum sudah dapat menggambarkan hukum Faraday I. Setelah percobaan elektrolisis menggunakan constant current power supply AR.500, selanjutnya disusun modul praktikum elektrolisis untuk siswa SMA. Modul praktikum diuji cobakan kepada 5 orang siswa SMA. Hasil penilaian siswa dirangkum dalam suatu kuesioner. Dari hasil kuesioner tersebut dapat disimpulkan bahwa tampilan alat menarik, pengoperasian alat cukup mudah dan prosedur percobaan mudah serta layak digunakan untuk praktikum di SMA.

Kata-kata kunci: Modul praktikum, elektrolisis, efisiensi.

PENDAHULUAN

Media belajar adalah Alat-alat yang dapat digunakan untuk menangkap, memproses, dan menyusun kembali informasi visual maupun verbal [7]. Media belajar kimia dapat diartikan sebagai alat yang dapat membantu proses belajar kimia [7]. Media belajar kimia dapat diartikan sebagai alat yang dapat membantu proses belajar kimia. Salah satu materi kimia yang diajarkan di SMA adalah materi elektrolisis. Salah satu media yang sesuai dengan materi ini adalah modul praktikum. Elektrolisis adalah reaksi yang terjadi secara tidak spontan. Pada reaksi ini diperlukan sumber energi listrik, dan elektroda. Berdasarkan hukum Faraday 1, besarnya arus yang dialirkan pada sel elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah zat yang dihasilkan pada katoda atau anoda. Salah satu contoh reaksi elektrolisis adalah elektrolisis larutan CuSO_4 yang menghasilkan endapan Cu pada katoda dan gas O_2 pada anoda [1]. Elektrolisis CuSO_4 telah dilakukan menggunakan potensiometer untuk mengetahui besarnya arus listrik yang mengalir dan menggunakan variasi bahan elektroda yaitu C-Cu, C-Zn dan C-C. Variasi elektroda menyebabkan efisiensi yang berbeda [4]. Percobaan elektrolisis yang bersifat kualitatif telah dilakukan pada elektrolisis air menggunakan baterai litium sebagai sumber arus. Gas H_2 yang dihasilkan dari reaksi tersebut dapat dibakar untuk membuktikan bahwa elektrolisis telah terjadi [3]. Percobaan elektrolisis juga dapat dilakukan untuk mengetahui

konsentrasi suatu asam yang mudah ditemui dilingkungan misalnya asam cuka, dengan menggunakan batrai 9 volt sebagai sumber arus [2]. Pada penelitian ini, elektrolisis larutan tidak dilakukan menggunakan batrai tetapi menggunakan sumber arus hasil rancangan sendiri yang lebih akurat sehingga dapat menjelaskan hukum Faraday I. Sumber arus tersebut adalah *constant current power supply AR.500*. Selain itu, elektrolisis hanya dilakukan menggunakan satu jenis elektroda yaitu elektroda C-Cu. Beberapa larutan yang dielektrolisis yaitu larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, campuran KI dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ serta campuran HCl dan NaCl. Efisiensi dari alat tersebut dibandingkan dengan penghasil arus tetap yang ada di laboratorium BSCA ITB. Dari percobaan tersebut, dapat disusun modul praktikum, lalu diuji cobakan kepada siswa SMAN 3 Cimahi dan 17 Garut. Gambar penghasil arus dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. *constant current power supply bio rad (ada di BSCA ITB)*



Gambar 2. *constant current power supply AR.500.*

Semua larutan di elektrolisis menggunakan kedua sumber arus tersebut dan dilakukan menggunakan analisis yang sama.

ELEKTROLISIS LARUTAN $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Elektrolisis menggunakan waktu tetap

Elektrolisis larutann $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dilakukan dalam suasana asam. Suasana asam diperoleh dengan cara menambahkan 10 ml HNO_3 0,01 M ke dalam larutan. Elektrolisis dilakukan menggunakan arus tetap yaitu 30 menit. Berdasarkan hasil elektrolisis diperoleh endapan berwarna coklat kemerahan dan gelembung gas pada katoda dan anoda. Endapan tersebut adalah endapan Cu sedangkan gelembung gas pada katoda adalah gas H_2 serta gelembung gas pada anoda adalah gas O_2 . Endapan Cu muncul terlebih dahulu dibanding gelembung gas H_2 . Hal ini dikarenakan potensial reduksi Cu lebih besar dibandingkan H_2O [1]. Reaksi-reaksi yang terjadi selama proses elektrolisis adalah sebagai berikut:

Katoda:



Anoda:



Massa endapan Cu yang dihasilkan pada percobaan dapat diperoleh dengan cara menimbang elektroda sebelum dan sesudah proses elektrolisis. Massa endapan yang diperoleh dibandingkan dengan massa hasil

teoritis, selanjutnya dapat dihitung efisiensi percobaan. Perhitungan massa Cu secara teoritis dilakukan menggunakan hukum Faraday 1 [6]. Persamaan hukum Faraday adalah sebagai berikut:

$$\text{Mol za } t \propto \text{mol e}^- \tag{4}$$

$$\text{Mol e}^- \propto \frac{i \cdot t}{nF} \tag{5}$$

$$\text{Massa Cu} = \frac{i \cdot t \cdot \text{Ar Cu}}{2F} \tag{6}$$

Elektrolisis dilakukan menggunakan dua sumber arus yaitu *constant current power supply bio rad* dan *constant current power supply AR.500*. Hasil percobaan tersebut dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Tabel pengaruh arus terhadap massa Cu pada elektrolisis CuSO₄.5H₂O menggunakan *constant current power supply bio rad*

Arus (mA)	Massa Cu percobaan (gram)	Massa Cu teoritis (gram)	Efisiensi (%)
20	0,0117	0,0118	99,57
30	0,0175	0,0178	98,31
50	0,0282	0,0296	95,27
100	0,0433	0,0433	73,14
150	0,0619	0,0888	69,76
200	0,0706	0,1187	59,52

Tabel 2. Pengaruh arus terhadap massa Cu pada elektrolisis CuSO₄.5H₂O dalam asam HNO₃ menggunakan *constant current power supply AR.500*

Arus (mA)	Massa Cu percobaan (gram)	Massa Cu teoritis (gram)	Efisiensi (%)
14	0,0153	0,0083	183,93
24	0,0141	0,0142	99,22
34	0,0206	0,0213	96,71
54	0,0285	0,0320	88,96
64	0,0309	0,038	81,53
74	0,0373	0,0438	85,04
104	0,0463	0,0616	75,17
154	0,0591	0,0912	64,80
204	0,0546	0,1208	45,16

Tabel 1 dan 2 menunjukkan hubungan antara arus yang mengalir dengan massa Cu yang dihasilkan pada katoda. Semakin besar arus yang dialirkan, maka massa Cu smakin besar. Dengan demikian, hubungan arus dengan massa Cu berbanding lurus, sehingga hasil percobaan ini telah menunjukkan hukum Faraday 1. Efisiensi percobaan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya arus yang mengalir. Hal ini dikarenakan, semakin besar arus, gelembung gas H₂ yang dihasilkan semakin besar, sehingga energi listrik tidak hanya digunakan untuk mengendapkan Cu tetapi juga digunakan untuk mereduksi H⁺ menjadi gas H₂. Efisiensi terbesar terdapat pada arus 20 dan 24 mA.

Elektrolisis menggunakan arus tetap

Elektrolisis larutan CuSO₄.5H₂O selanjutnya dilakukan menggunakan arus tetap. Arus yang digunakan sebesar 20 mA untuk *constant current power supply bio rad* dan 24 mA untuk *constant current power supply AR.500*. Berdasarkan hasil percobaan, massa endapan Cu sebanding dengan waktu elektrolisis. Hasil percobaan disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Pengaruh waktu terhadap massa Cu pada elektrolisis CuSO₄.5H₂O menggunakan *constant current power supply bio rad*

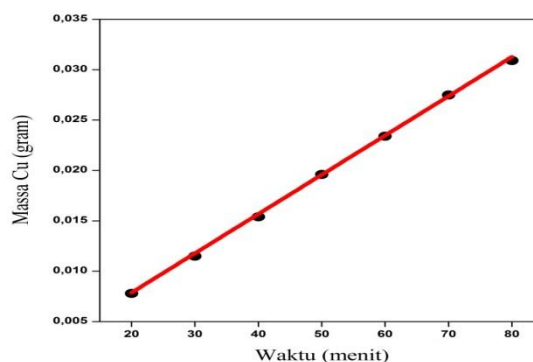
Waktu (menit)	Massa Cu (gram)	Massa Cu teoritis (gram)	Efisiensi (%)
20	0,0078	0,0079	98,73
30	0,0117	0,0118	99,15
40	0,0148	0,0158	93,99
50	0,0177	0,0197	90,10

60	0,0218	0,0237	92,19
70	0,0273	0,0276	98,91
80	0,0289	0,0316	91,46

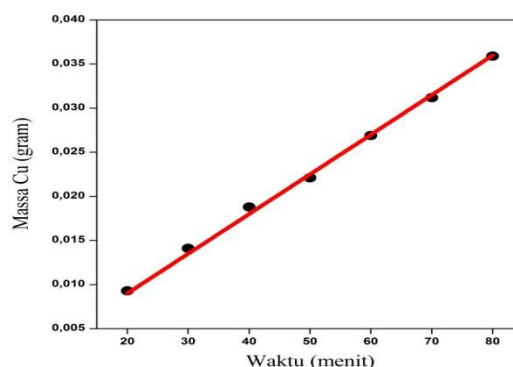
Tabel 4. Pengaruh waktu terhadap massa Cu pada elektrolisis $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ menggunakan *constant current power supply AR.500*.

Waktu (menit)	Massa Cu percobaan (gram)	Massa Cu teoritis (gram)	Efisiensi (%)
20	0,0092	0,0095	97,62
30	0,0141	0,0142	99,23
40	0,0188	0,0189	99,21
50	0,0220	0,0237	93,07
60	0,0268	0,0284	94,44
70	0,0312	0,0332	94,09
80	0,0359	0,0379	94,72

Efisiensi pada percobaan ini cukup tinggi dan tidak jauh berbeda. Pada elektrolisis menggunakan *constant current power supply bio rad* sebesar 98,73 % sedangkan menggunakan *constant current power supply AR.500* sebesar 97,62%. Jika dialurkan kurva massa terhadap waktu akan membentuk kurva garis lurus. Kurva hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Kurva massa Cu terhadap waktu pada elektrolisis $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ menggunakan *constant current power supply bio rad*



Gambar 4. Kurva massa Cu terhadap waktu pada elektrolisis $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ menggunakan *constant current power supply AR.500*

ELEKTROLISIS CAMPURAN KI dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

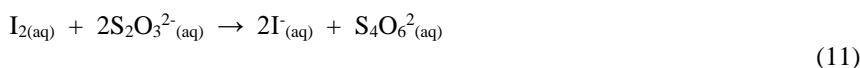
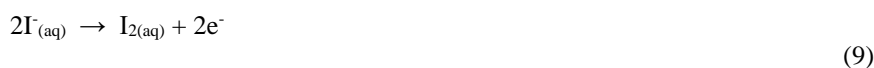
Elektrolisis campuran KI dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ menggunakan elektroda lempeng C sebagai anoda dan lempeng Cu sebagai katoda. Pada proses ini digunakan indikator amilum 10 %. Arus yang digunakan pada percobaan ini sebesar 50 mA dan 30 mA untuk *constant current power supply bio rad*. Sementara itu, untuk *constant current power supply AR.500* arus yang digunakan sebesar 24, 34 dan 54 mA. Pada proses elektrolisis ini dihasilkan I_2 di sekitar anoda yang merupakan hasil oksidasi dari I^- . Selain itu dihasilkan gas H_2 pada katoda dan O_2 pada anoda. Selanjutnya I_2 yang dihasilkan bereaksi dengan $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. Setelah $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

habis bereaksi, kelebihan I₂ bereaksi dengan indikator amilum membentuk kompleks berwarna biru [5]. Reaksi-reaksi yang terjadi pada elektrolisis ini adalah sebagai berikut:

Katoda :



Anoda :



Kelebihan S₂O₃²⁻ pada persamaan reaksi (11) selanjutnya bereaksi dengan indikator amilum membentuk kompleks berwarna biru. Berikut gambar hasil elektrolisis campuran KI dan Na₂S₂O₃·5H₂O.



Gambar 5. Hasil elektrolisis campuran KI dan Na₂S₂O₃·5H₂O

Waktu yang dibutuhkan larutan untuk berubah warna dari bening menjadi biru dapat ditentukan menggunakan hukum Faraday 1. Berdasarkan hukum Faraday 1, persamaan yang digunakan untuk menghitung waktu dibutuhkan larutan menjadi biru secara teoritis adalah sebagai berikut;

$$\text{mol } S_2O_3^{2-} \propto \frac{Ixt}{96500} \tag{12}$$

Efisiensi tertinggi pada elektrolisis campuran KI dan Na₂S₂O₃·5H₂O menggunakan *constant current power supply bio rad* adalah 98,90 % pada arus 50 mA. Sementara itu, elektrolisis menggunakan *constant current power supply AR.500* adalah 94,78 % pada arus 34 mA. Oleh karena itu, arus 34 mA disarankan untuk menyusun modul praktikum.

ELEKTROLISIS CAMPURAN NaCl dan HCl

Elektrolisis larutan NaCl dan HCl menggunakan *constant current power supplay bio rad* dilakukan dengan cara menggunakan dua kompartemen. Elektroda yang digunakan adalah elektroda tembaga sebagai katoda dan lempeng karbon sebagai anoda. Larutan HCl 0,01 M sebanyak 2 ml dipipet dan dimasukkan ke dalam larutan NaCl pada katoda dan ditetaskan indikator fenolftalein sebanyak dua tetes. Selanjutnya dilakukan elektrolisis menggunakan arus 10, 15, 20, 40, dan 50 mA. Hasil akhir dari elektrolisis ini adalah larutan di sekitar katoda berubah warna menjadi pink muda. Beberapa reaksi yang terjadi pada saat elektrolisis adalah sebagai berikut:



Berdasarkan persamaan (13) diketahui bahwa suasana di sekitar katoda bersifat basa [6]. Indikator fenoltalein pada suasana basa berwarna pink muda, oleh karena itu larutan disekitar katoda berwarna pink muda setelah proses elektrolisis. Hasil elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 6. hasil elektrolisis campuran NaCl dan HCl menggunakan *constant current power supply bio rad*

Waktu yang dibutuhkan larutan untuk berubah dari bening menjadi pink dapat dihitung berdasarkan mol OH⁻. Mol OH⁻ yang digunakan sama dengan mol H⁺ dari HCl yang bereaksi yaitu 0,01 M. Oleh karena mol OH⁻ sama dengan mol elektron, maka waktu yang digunakan untuk elektrolisis dapat dihitung menggunakan persamaan 12.

Hasil elektrolisis larutan ini dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan tabel 5, diketahui bahwa semakin besar arus yang dialirkan, maka waktu yang dibutuhkan semakin kecil. Hasil percobaan ini sesuai dengan hukum Faraday yaitu arus berbanding terbalik dengan waktu.

Tabel 5. Pengaruh Arus terhadap waktu elektrolisis campuran NaCl dan HCl

No	Arus (mA)	t teoritis (menit)	t percobaan(menit)	Efisiensi (%)
1	10	193	193	100
2	15	129	129	100
3	20	96,5	96	99,4
4	40	48	48	100
5	50	38	37	97,37

Elektrolisis menggunakan dua kompartemen tidak dapat dilakukan menggunakan *constant current power supply AR.500*. Oleh karena itu, elektrolisis menggunakan *constant current power supply AR.500* dilakukan dengan cara yang lebih sederhana yaitu dengan cara mencelupkan kertas saring ke dalam larutan NaCl kemudian ditetaskan indikator fenoltalein disekitar katoda. Berdasarkan hasil elektrolisis dapat diketahui bahwa setelah elektrolisis, suasana disekitar katoda menjadi basa yang ditunjukkan oleh perubahan warna menjadi pink disekitar katoda. Hal ini dikarenakan reduksi H₂O yang menghasilkan ion OH⁻. Hasil percobaan sebelum dan sesudah elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 7. Elektrolisis campuran NaCl dan HCl menggunakan *constant current power supply AR.500* sebelum dialirkan arus



Gambar 8. Elektrolisis campuran NaCl dan HCl menggunakan *constant current power supply AR.500* setelah dialirkan arus

UJI COBA MODUL PRAKTIKUM

Uji coba modul praktikum dilakukan di laboratorium *Basic Science Center – A* Institut Teknologi Bandung. Uji coba dilakukan pada tanggal 10 Mei 2016. Peserta percobaan terdiri dari lima siswa SMA yang terdiri dari tiga siswa dari SMA Negeri 3 Cimahi dan dua orang dari SMA Negeri 17 Garut.

Percobaan dilakukan secara demonstrasi oleh siswa dengan prosedur kerja yang telah ditentukan dalam modul praktikum. Pada bagian pertama siswa menentukan massa endapan Cu pada katoda menggunakan hukum Faraday 1. Pada elektrolisis ini arus yang digunakan oleh siswa adalah 34 mA. Pada bagian kedua siswa akan melihat reaksi oksidasi I⁻ menjadi I₂, kemudian melihat waktu yang dibutuhkan untuk reaksi elektrolisis campuran Na₂S₂O₃·5H₂O dan KI yang ditandai dengan terbentuknya warna biru. Arus yang digunakan pada elektrolisis ini adalah 34 mA. Pada bagian terakhir siswa hanya melakukan reaksi reduksi air yang sederhana dengan melihat perubahan warna disekitar katoda. Hal ini dikarenakan percobaan menggunakan *constant current power supply AR.500* tidak dapat dilakukan dengan dua kompartemen. Efisiensi percobaan yang dilakukan siswa pada elektrolisis larutan CuSO₄·5H₂O adalah 94,28 % dan pada percobaan elektrolisis campuran KI dan Na₂S₂O₃ adalah 94 %. Siswa juga melakukan percobaan elektrolisis larutan NaCl 0,1 M dengan baik. Setelah melakukan percobaan sesuai modul praktikum, siswa mengisi kuesioner untuk memberi penilaian terhadap percobaan. Hasil kuesioner siswa dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengisian lembar kuisisioner oleh siswa SMA

Penilaian	Mudah (%)	Sedang (%)	Sukar (%)
1. Percobaan			
a. Prosedur penentuan massa Cu	60	40	
b. Prosedur reaksi titrasi S ₂ O ₃ ²⁻ dengan mediator I ⁻	100		
c. Reaksi elektrolisis NaCl	80	10	10
d. Bahan			
2. Alat			
a. Pengoprasian alat	20	80	
3. Modul Praktikum			
a. Segi bahasa	100		
b. Segi penulisan	60		
c. Segi isi	60		
4. Alat	Bagus (%)	Sedang (%)	Kurang (%)
a. Tampilan alat	80	20	
5. Alat	Sangat (%)	Cukup (%)	Kurang (%)
b. Apakah layak digunakan untuk praktikum di SMA	60	40	

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui pada prosedur percobaan 60 % siswa menjawab bahwa prosedur percobaan mudah dan 40 % menjawab sedang. Sementara itu 0 % menjawab sukar. Dari hasil jawaban siswa ini dapat diartikan percobaan ini sesuai dengan kemampuan siswa. Penilaian terhadap bahan praktikum hanya 10 % yang menyatakan sukar. Hal ini berarti bahan-bahan dalam percobaan dapat digunakan untuk praktikum di SMA. Hasil penilaian terhadap alat, 80 % menjawab bagus dan 20 % menjawab sedang. Penilaian pengoperasian alat, 80 % menjawab mudah dan 20 % menjawab sedang. Hal ini dapat diartikan, alat elektrolisis tampilan *constant current power supply AR.500* menarik dan sesuai dengan kemampuan siswa dalam mengoperasikan alat. Penilaian terhadap modul praktikum dari segi bahasa 100 % mudah dipahami, dari segi penulisan 60 % mudah dan dari segi isi 60 % siswa menjawab mudah dipahami. Penilaian yang paling penting adalah kelayakan modul praktikum menggunakan *constant current power supply AR.500* untuk digunakan di SMA. 60 % siswa menjawab sangat layak dan 40 % menjawab cukup layak. Dari keseluruhan hasil kuesioner dapat diketahui bahwa modul praktikum yang disusun menggunakan *constant current power supply AR.500* dapat digunakan di SMA. Modul praktikum ini dapat membantu siswa memahami materi elektrolisis secara kuantitatif dan kualitatif.

KESIMPULAN

Constant current power supply AR.500 dapat digunakan untuk menyusun modul praktikum SMA dan dapat digunakan untuk menjelaskan hukum Faraday 1. Berdasarkan hasil kuisisioner, modul praktikum elektrolisis menggunakan *constant current power supply AR.500* layak digunakan di SMA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Kepada saudara Abdul Razak mahasiswa elektro Institut Teknologi Bandung, yang telah membantu merancang sumber arus tetap AR.500.

REFERENSI

1. Brady E, James, *Kimia universitas, asas dan struktur*, alih bahasa oleh Sukmariah Maun dkk. Binarupa Aksara, Jakarta (1999)
2. Dabke, R. B., & Gebeyehu, Z, *Using Mole ratios of electrolytic products of water for analysis of household vinegar: An Experiment for the undergraduate physical chemistry laboratory*. *J. Chem. Edu* (2012)
3. Ellington, M. C. G., Dicks, J. K., Carver, J. S., Holland, L. A., Junction, S., Virginia, W., & States, U, *Electrolysis of Water in the secondary school science laboratory with inexpensive micro fluidics*, *J. Chem. Edu* (2015)
4. Haris, A., Suberta, M., Widodo, D, S, *Pengaruh bahan elektroda pada pengambilan Cu dan Cd secara elektrokimia*, JSKA, (2006)
5. Harjadi, W, *Ilmu kimia analitik dasar*, Gramedia pustaka kimia, Jakarta (1993)
6. Petrucci, Ralph, H, *Kimia dasar prinsip-prinsip dan aplikasi modern*, alih bahasa oleh Suminar, S. A, Erlangga, Jakarta (2011)
7. Sutirman, *Media dan model-model pembelajaran inovatif*, Graha Ilmu, Yogyakarta (2013)