

Variasi Temperatur Dan Waktu Pada Elektrolisis Larutan Garam Dapur Berbagai Merk

Isana SYL

isana_supiah@uny.ac.id

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY

Abstrak

Garam dapur dengan berbagai merk banyak dijumpai beredar di pasar tradisional maupun modern. Garam dapur umumnya mengandung NaCl yang mudah larut dalam air, yang mengalami ionisasi menjadi ion-ion Na^+ dan Cl^- , sehingga larutannya mampu menghantarkan arus listrik. Oleh karena itu memungkinkan dilakukan elektrolisis terhadap larutan garam dapur untuk mempelajari perilaku larutan tersebut. Pada elektrolisis larutan garam dapur memungkinkan terbentuknya sejumlah gas, seperti hidrogen dan klorin. Pengukuran variasi temperatur, waktu dan volm gas yang terbentuk diharapkan mampu mempelajari perilaku sel elektrolisis, terutama elektrolisis larutan garam dapur dengan berbagai merk.

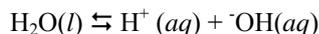
Kurva temperatur terhadap waktu (termogram) suatu sistem memiliki pola yang khas, yang sangat berkaitan dengan perilaku sistem itu. Berdasarkan kekhasan kurva untuk masing-masing sistem, selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk mempelajari perilaku sistem secara mudah, murah dan tepat.

Kata kunci: elektrolisis, garam dapur dan termogram

Pendahuluan Sel Elektrolisis

Dalam sel elektrolisis terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Hubungan kuantitatif antara jumlah muatan listrik yang digunakan dan jumlah zat yang terlibat dalam reaksi telah dirumuskan oleh Faraday. Hal ini dapat terjadi karena melibatkan reaksi reduksi-oksidasi yang mengandalkan peran partikel bermuatan sebagai penghantar muatan listrik.

Air merupakan elektrolit sangat lemah, yang dapat mengalami ionisasi menjadi ion-ion H^+ dan OH^- .



Oleh karena itu sangat memungkinkan untuk dielektrolisis menjadi gas-gas H_2 dan O_2 . Gas H_2 dapat diperoleh pada katoda karena terjadi reaksi reduksi ion H^+ , sedangkan gas O_2 diperoleh pada anoda karena terjadi reaksi oksidasi OH^- . Berdasarkan sifat air yang merupakan elektrolit sangat lemah maka banyak ion-ion H^+ dan OH^- dalam larutan relatif sedikit, pada kondisi standar hanya sekitar 10^{-7} M, oleh karenanya elektrolisis air akan berjalan sangat lambat. Untuk itu perlu dilakukan modifikasi terhadap elektrolisis air. Modifikasi elektrolisis air dapat meliputi penambahan zat terlarut yang bersifat elektrolit, dapat berupa asam, basa atau garam atau dengan modifikasi elektroda yang digunakan. Bila dalam air terlarut anion-anion yang mudah mengalami oksidasi, selain gas oksigen akan terbentuk juga gas lain hasil oksidasi anion dalam larutan. Bila

elektroda yang digunakan bersifat reaktif, pada anoda akan terjadi oksidasi elektrodanya sehingga larut dalam larutan.

Dekomposisi air menjadi hidrogen dan oksigen pada tekanan dan temperatur standard secara termodinamik tidak berlangsung spontan, hal ini ditunjukkan oleh harga potensial reaksi standard yang berharga negatif dan energi bebas Gibbs yang positif. Proses tersebut “mustahil” dapat berlangsung tanpa penambahan suatu elektrolit dalam larutan dan sejumlah energi listrik. Elektrolisis air murni berlangsung sangat lambat. Untuk mempercepat perlu ditambahkan elektrolit, seperti asam, basa atau garam. Pada elektrolisis air murni, kation H^+ akan berkumpul di anoda dan anion OH^- akan berkumpul di katoda. Hal ini dapat dibuktikan dengan menambahkan suatu indikator ke dalam elektrolisis air, daerah anoda akan bersifat asam sedangkan daerah katoda akan bersifat basa. Muatan ion ini yang akan mengganggu aliran arus listrik lebih lanjut sehingga proses elektrolisis air murni berlangsung sangat lambat. Hal ini juga merupakan alasan mengapa air murni memiliki daya hantar arus listrik yang lemah. Jika suatu elektrolit dilarutkan dalam air maka daya hantar air akan naik dengan cepat. Elektrolit akan terurai menjadi kation dan anion. Anion akan bergerak ke arah anoda dan menetralkan muatan positif H^+ sedangkan kation akan bergerak ke arah katoda dan menetralkan muatan negatif OH^- . Hal ini menyebabkan arus listrik dapat mengalir lebih lanjut.

(http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolysis_of_water)

Perlu dicermati dalam memilih elektrolit, karena akan terjadi persaingan antara anion dari elektrolit dengan ion hidroksida untuk melepaskan elektron (mengalami oksidasi), demikian juga terjadi pada kation dan ion H^+ akan mengalami persaingan untuk menangkap elektron (mengalami reduksi). Anion dengan harga potensial elektroda standard lebih kecil dibandingkan ion hidroksida akan mengalami oksidasi sehingga tidak dihasilkan gas oksigen, sedangkan kation dengan harga potensial elektroda standard lebih besar dibandingkan ion hidrogen akan mengalami reduksi sehingga tidak dihasilkan gas hidrogen. Kation Li^+ , Rb^+ , K^+ , C^+ , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , dan Mg^{2+} memiliki potensial elektroda lebih rendah dibandingkan H^+ sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai kation dari elektrolit. Litium dan sodium sering digunakan karena murah dan mudah larut (http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolysis_of_water).

Anion sulfat (SO_4^{2-}) sangat sukar dioksidasi karena memiliki potensial oksidasi standard relatif besar, yakni 0,22 Volt, yang kemungkinan akan diubah menjadi ion peroksidisulfat bila potensial yang digunakan memungkinkan terjadinya oksidasi. Asam kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4), dan basa kuat seperti kalium hidroksida (KOH) dan sodium hidroksida (NaOH) sering digunakan sebagai zat elektrolit pada elektrolisis air dalam rangka memproduksi gas-gas hidrogen dan oksigen. (http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolysis_of_water).

Elektrolisis air pada temperatur tinggi atau elektrolisis uap air merupakan suatu metoda yang sedang diteliti, yakni elektrolisis air dengan mesin kalor. Elektrolisis air pada temperatur tinggi ternyata lebih efisien dibandingkan elektrolisis tradisional pada temperatur kamar sebab sebagian energi disediakan dalam bentuk panas, yang lebih murah dibandingkan energi listrik, dan reaksi elektrolisis menjadi lebih efisien pada temperatur yang lebih tinggi dengan total efisiensi sekitar 25-45% (http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolysis_of_water).

Berdasarkan perubahan kualitatif dalam sel elektrolisis maka akan berpengaruh terhadap perubahan kuantitatif zat yang ada dalam sel elektrolisis maupun perubahan kondisi sel elektrolisis itu. Bila sejumlah arus listrik dialirkan dalam suatu sel elektrolisis pada waktu tertentu mengakibatkan terjadinya perubahan temperatur sistem, menunjukkan bahwa telah terjadi suatu perubahan dalam sistem itu. Oleh karena itu dengan melacak perubahan temperatur dalam suatu selang waktu dan arus listrik tertentu serta membandingkan antara suatu sel yang satu dengan sel yang lain diharapkan dapat dilacak suatu hubungan variabel-variabel sistem.

Dalam suatu sel elektrolisis terdapat hubungan kuantitatif antara jumlah muatan listrik yang digunakan dengan jumlah reaktan maupun hasil reaksi, oleh Faraday dirumuskan seperti Persamaan (1).

$$w = \frac{eit}{96500}$$

dengan w , e , I , dan t masing-masing menyatakan jumlah gram zat dalam reaksi, bobot ekuivalen zat, jumlah arus listrik yang digunakan dalam ampere, dan waktu elektrolisis yang dinyatakan dalam satuan detik. Bila jumlah arus listrik dan waktu yang digunakan pada proses elektrolisis sama, Persamaan (1) dapat dinyatakan menjadi Persamaan (2).

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{e_1}{e_2}$$

Data Variasi Temperatur dan Waktu

Ketakmurnian suatu senyawa dapat ditentukan dengan menggunakan analisis termal (Alberty dan Daniels, 1980: 127). Pada pendinginan cairan satu komponen, kurva hubungan temperatur terhadap waktu merupakan garis linear. Jika pendinginan berlangsung secara lambat, maka kurva pendinginan akan menjadi datar, atau terjadi patahan pada kurva pendinginan akibat terlepasnya kalor ketika cairan itu memadat. Semakin banyak komponen penyusun cairan, semakin banyak pula patahan-patahan yang tampak pada kurva. Penentuan kurva temperatur terhadap waktu dapat diterapkan pada sembarang sistem, dan dapat dipakai untuk menyelidiki karakteristik temperatur terhadap waktu sistem itu (Castellan, 1974: 259 – 285).

Hasil penelitian Isana, Endang dan Regina (1998) menunjukkan bahwa minyak baru, telah disimpan, maupun telah dilakukan perlakuan adsorpsi memberikan termogram yang spesifik untuk masing-masing sistem. Demikian juga dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Endang dan Isana (1998) menunjukkan bahwa termogram temperatur terhadap waktu untuk sistem terner 1,4-dioksan-kloroform-asetonitril dengan komposisi berbeda memiliki termogram yang spesifik pula, bergantung pada komposisi campuran. Isana dan Endang (2003) melaporkan, bahwa termogram minyak kelapa yang beredar di pasar bebas memiliki termogram yang khas untuk setiap merk dagang. Hal ini menunjukkan bahwa setiap merk dagang minyak kelapa di pasar bebas memiliki kandungan yang berbeda. Isana (2008) melaporkan, bahwa berbagai minuman juga memiliki termogram yang khas untuk setiap merk dagang.

Perubahan temperatur sistem (T) pada selang waktu (t) tertentu memberikan informasi terjadinya perubahan energi sistem, sedangkan tidak terjadinya perubahan temperatur setelah selang waktu tertentu memberikan informasi

terjadinya transisi fasa komponen dalam sistem itu. Oleh karena itu dengan mengikuti terjadinya perubahan temperatur selama waktu tertentu diharapkan memberikan suatu informasi kualitatif maupun kuantitatif dalam suatu sel elektrolisis. Pengukuran variasi temperatur, waktu dan volm gas yang terbentuk diharapkan mampu mempelajari perilaku sel elektrolisis, terutama elektrolisis larutan garam dapur dengan berbagai merk.

Garam Dapur

Garam dapur sangat dibutuhkan bagi tubuh manusia, yakni sebagai sumber mineral. Berbagai merk garam dapur banyak beredar di pasar tradisional maupun modern. Garam dapur umumnya mengandung NaCl yang mudah larut dalam air, yang mengalami ionisasi menjadi ion Na^+ dan Cl^- , sehingga larutannya mampu menghantarkan arus listrik. Oleh karena itu memungkinkan dilakukan elektrolisis terhadap larutan garam dapur untuk mempelajari perilaku larutan tersebut. Pada elektrolisis larutan garam dapur memungkinkan terbentuknya sejumlah gas, seperti hidrogen dan klorin.

Permasalahan, Pendekatan, Hipotesis dan Manfaat Penelitian

Permasalahan dalam penelitian ini meliputi:

- Bagimanakah variasi temperatur dan waktu pada elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk?
- Bagaimanakah termogram temperatur dan waktu elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk?
- Bagimanakah variasi volum gas yang terbentuk pada elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk?

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, telah dilakukan beberapa pendekatan, yakni:

- Pengukuran perubahan temperatur pada setiap perubahan waktu pada elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk.
- Penentuan termogram temperatur dan waktu elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk.
- Pengukuran volum gas yang terbentuk pada elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk.

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah “Termogram temperatur dan waktu elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk akan memiliki pola yang khas untuk masing-masing sistem, yang sangat berkaitan dengan sifat-sifat sistem itu”. Penelitian ini memiliki arti penting karena dapat memberikan informasi mengenai variasi temperatur, waktu, volum gas yang terbentuk serta termogram temperatur dan waktu pada elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk.

METODE PENELITIAN

Tahap penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan sampel garam dapur berbagai merk, yakni GD, GG, GM, GR dan GKS. Melarutkan garam dapur dalam akuades dengan konsentrasi sama untuk masing-masing sistem, yakni 3 gram garam dapur dalam 30 cm^3 akuades.
- Menyiapkan peralatan elektrolisis, dengan menggunakan elektroda grafit dengan panjang 4,5 cm, jarak antar elektroda 9 cm, menggunakan tegangan 20 V dan arus sebesar 5 A.
- Melakukan proses elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk dengan konsentrasi tertentu, mengamati perubahan temperatur pada setiap perubahan waktu dan volum gas yang terbentuk pada selang waktu tertentu.
- Menentukan termogram temperatur dan waktu untuk masing-masing sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

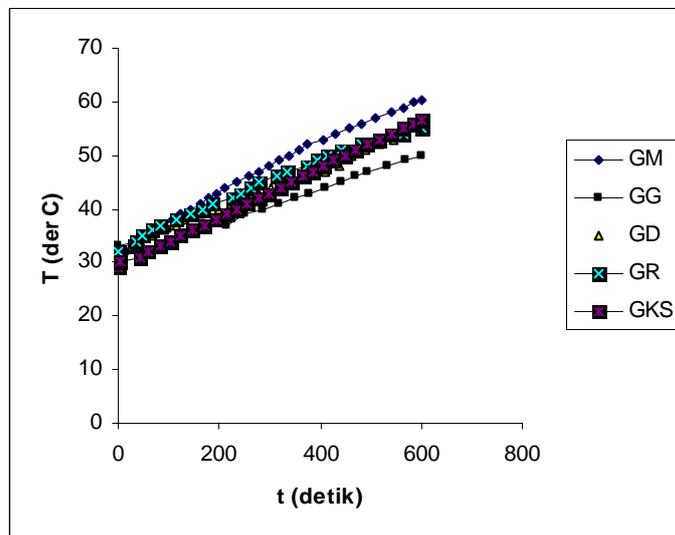
Hasil pengukuran perubahan temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada setiap perubahan waktu (detik) pada elektrolisis larutan garam dapur berbagai merk dapat diperiksa Tabel 1, sedangkan termogram masing-masing sistem dapat diperiksa Gambar 1. Adapun volum gas yang terbentuk pada masing-masing sistem dapat diperiksa Tabel 2. Volum gas diukur setelah proses elektrolisis berlangsung selama 10 menit.

Berdasarkan termogram dapat disimpulkan bahwa garam dapur merk GD, GG, GM, GR dan GKS memiliki komposisi yang tidak berbeda jauh. Hal ini terlihat dari pola termogramnya yang tidak menunjukkan perbedaan yang berarti.

Tabel 1. Variasi Temperatur dan Waktu pada Elektrolisis Larutan Garam Dapur Merk GD, GG, GM, GR dan GKS

GD		GG		GM		GR		GKS	
T	t	T	T	T	t	T	t	T	t
33	0	33	0	30	0	32	0	32	0
34	39	34	39	31	9	33	30	33	30
35	70	35	70	32	17	34	37	34	37

36	100	36	100	33	28	35	47	35	47
37	216	37	216	34	40	36	67	36	67
39	252	39	252	35	52	37	85	37	85
40	285	40	285	36	68	38	116	38	116
41	317	41	317	37	89	39	143	39	143
42	349	42	349	38	108	40	167	40	167
43	378	43	378	39	123	41	187	41	187
44	408	44	408	40	145	42	228	42	228
45	440	45	440	41	162	43	243	43	243
46	469	46	469	42	178	44	263	44	263
47	495	47	495	43	195	45	280	45	280
48	533	48	533	44	212	46	313	46	313
49	568	49	568	45	236	47	336	47	336
50	600	50	600	46	257	48	374	48	374
33	0			47	280	49	393	49	393
34	39			48	299	50	414	50	414
35	70			49	319	51	440	51	440
36	100			50	339	52	483	52	483
37	216			51	360	53	516	53	516
39	252			52	373	54	566	54	566
				53	405	55	600	55	600
				54	430			32	0
				55	457			33	30
				56	480			34	37
				57	511			35	47
				58	540			36	67
				59	566				
				60	586				
				60,5	600				
				30	0				



Gambar 1. Termogram Temperatur dan Waktu Garam Dapur Merk GD, GG, GM, GR dan GKS

Tabel 2. Volum Gas yang Terbentuk pada Elektrolisis Larutan Garam Dapur Merk GD, GG, GM, GR dan GKS

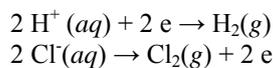
Merk Garam	Volum Gas (cm ³)
GD	2,36
GG	1,18
GM	0,00
GR	0,00
GKS	0,16

Berdasarkan data variasi temperatur dan waktu, serta volum gas yang dihasilkan pada elektrolisis selama waktu tertentu, dengan menggunakan sejumlah arus tertentu menunjukkan bahwa masing-masing larutan garam memiliki komposisi yang tidak terlalu berbeda, atau dapat dikatakan bahwa kelima macam garam memiliki perbedaan yang tidak signifikan. Perbedaan volum gas yang terbentuk selama proses elektrolisis menunjukkan bahwa terdapat jenis kation dan anion yang tidak sama, meskipun tidak signifikan, karena termogram yang tidak terlalu berbeda. Hal ini dapat dipahami berdasarkan Persamaan (2). Persamaan (2) dapat ditata-ulang menjadi Persamaan (3).

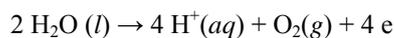
$$z_1 n_1 = z_2 n_2$$

dengan n menyatakan jumlah mol dan z menyatakan jumlah elektron yang terlibat. Jika melibatkan zat yang sama maka $z_1 = z_2$ sehingga harga $n_1 = n_2$. Pada kondisi sama bila harga $n_1 = n_2$ maka volum gas juga sama.

Perlu dipahami bahwa, untuk harga $z_1 = z_2$ dapat menunjukkan zat yang sama maupun tidak sama, tetapi bila zat sama maka harga $z_1 = z_2$. Perhatikan persamaan reaksi sebagai berikut:



Kedua persamaan reaksi di atas melibatkan jumlah elektron yang sama, sehingga memiliki harga z yang sama, tetapi melibatkan zat yang berbeda, yakni $\text{H}_2(\text{g})$ dan $\text{Cl}_2(\text{g})$. Demikian juga untuk persamaan reaksi yang lain. Perhatikan persamaan reaksi berikut:



Berdasarkan persamaan reaksi tersebut, maka harga z untuk $\text{O}_2(\text{g})$ adalah 4.

Bila gas memenuhi gas ideal, maka berdasarkan hukum Faraday volum teoretik dapat ditentukan seperti Persamaan (4).

$$V_{\text{teoretik}} = \frac{RiTt}{Fpz} \quad (4)$$

dengan $R = 8,314$ Joule / (mol Kelvin), i adalah arus listrik dalam ampere, T adalah temperatur dalam Kelvin ($273 +$ temperatur dalam Celsius), $t =$ waktu dalam sekon, F adalah bilangan Faraday ($= 96500$ Coulombs per mol), p merupakan tekanan, kira-kira 1×10^5 Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ Joule/meter}^3$) dan z merupakan jumlah elektron yang terlibat, misalnya $z = 2$ (untuk gas hidrogen, H_2) dan 4 (untuk gas oksigen) ([http:// stuartenergy.com](http://stuartenergy.com)).

Berdasarkan Persamaan (4), untuk gas yang sama, jika arus listrik dan tekanan tertentu maka volum gas yang dihasilkan dalam suatu sel elektrolisis sangat bergantung pada temperatur dan waktu, sesuai dengan Persamaan (5).

$$V_{\text{teoretik}} = atT \quad (5)$$

dengan a adalah tetapan. Bila Persamaan (5) diturunkan terhadap t pada temperatur tetap akan diperoleh Persamaan (6), sedangkan bila diturunkan terhadap T pada waktu tertentu akan diperoleh Persamaan (7).

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_t = at \quad (6)$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial t} \right)_T = aT \quad (7)$$

Bila Persamaan (6) dan (7) ditata-ulang akan diperoleh Persamaan (8).

$$t \left(\frac{\partial V}{\partial t} \right)_T = T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_t \quad (8)$$

Bila harga $\left(\frac{\partial V}{\partial t} \right)_T$ dan $\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_t$ merupakan tetapan, maka diferensial dari Persamaan (8) akan diperoleh Persamaan (9).

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\left(\frac{\partial V}{\partial t} \right)_T}{\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_t} \quad (9)$$

Berdasarkan Persamaan (9) dapat dipahami manfaat kurva temperatur terhadap waktu, yakni menunjukkan hubungan kuantitatif antara perubahan temperatur dan waktu terhadap perubahan volum gas yang dihasilkan dalam sel elektrolisis.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Selama proses elektrolisis, terjadi perubahan temperatur dalam selang waktu tertentu.
2. Kurva temperatur terhadap waktu (termogram) masing-masing larutan garam (GD, GG, GM, GR dan GKS) memiliki pola yang khas, meskipun memiliki perbedaan yang tidak signifikan.
3. Volum gas yang terbentuk selama proses elektrolisis sangat bergantung pada jenis elektrolit yang terlarut.

Saran

Beberapa saran rekomendasi dan usulan riset lanjutan serta tindak lanjut yang perlu dilakukan yaitu perlu dilakukan:

1. Perlunya dilakukan penelitian yang sama untuk sampel elektrolit yang lain, atau larutan yang lain.
2. Perlunya dilakukan penelitian yang sama dengan menggunakan elektroda yang bervariasi.
3. Perlunya dilakukan penelitian yang sama pada berbagai variasi temperatur, waktu dan volum gas yang dihasilkan, untuk lebih mengembangkan hubungan kuantitatif antara variabel temperatur, waktu dan volum gas pada proses elektrolisis.
4. Perlunya dilakukan penelitian yang sama dengan menggunakan jarak elektroda yang bervariasi.

Daftar Pustaka

- Adamson, A,W, (1997). *Physical Chemistry of Surface*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Alberty, R.A. dan Daniels, F. (1980). *Physical Chemistry*. Terjemahan Surdia, N.M. Jakarta: Erlangga.
- Atkins, P.W., (1995), *Physical Chemistry*, Oxford: Oxford University Press.
- Castellan, Gilbert W. (1974). *Physical Chemistry*. 2nd Editon. Manila: Addison Wesley Publishing Company.
- Dogra SK dan Dogra S. (1990). *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Penerjemah: Umar Mansyur dan Yoshita. Jakarta: UI-Press.

http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolysis_of_water,
9 November 2007.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/electrol.html>, 9
November 2007.

<http://stuartenergy.com>, 12 Nopember 2007.

<http://www.free-energy.ws/electrolysis.html>, 9
November 2007.

[http://www.nmsea.org/Curriculum/7-12/Electrolysis/
Electrolysis.html](http://www.nmsea.org/Curriculum/7-12/Electrolysis/Electrolysis.html), 9
November 2007.

<http://www.waterfuelcell.org/concept.html>, 9
November 2007.

Isana SYL., Endang WLFX., Regina, TP. (1998). Pengaruh Penggunaan Adsorben Arang Aktif terhadap Ketengikan dan Termogram Minyak Kelapa di Pasaran. *Laporan Penelitian FMIPA IKIP Yogyakarta*.

Isana SYL. (2002). Termogram Suhu terhadap Waktu Deret Alkohol. *Prosiding*. Seminar Nasional, 28 Juni 2002.

Isana SYL, Endang WLFX, Regina Tutik P. (2003). Termogram Suhu terhadap Waktu Minyak Kelapa yang Beredar di Padsar Bebas, *Prosiding*. Seminar Nasional, 19-10-2003.

Isana SYL (2006). Sifat Termodinamik Sistem Biner Metanol-Air. *Prosiding*. Seminar Nasional 2006.

Isana SYL (2008). Elektrolisis Berbagai Merk Minuman. *Prosiding*. Seminar Nasional 2008.

Sears, FW. Zemansky, MW. And Young, HD. (1985). *College Physics*. Toronto: Addison Wesley Publishing Co.