

## PENGARUH KONSENTRASI KOBALT SULFAT TERHADAP PERSENTASE HASIL ELEKTROOKSIDASI ETANOL

Gembong Agronomianto, W. H. Rahmanto, Rum Hastuti.  
Laboratorium Kimia Fisik, Fakultas MIPA NDIP.

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persentase etanol teroksidasi dan pengaruh variasi konsentrasi reagen redoks pada kondisi tegangan listrik, waktu elektrolisa, dan temperatur sel yang sama. Elektroda yang digunakan adalah timbal sebagai anoda dan kawat neklin sebagai katoda, dengan larutan kobalt sulfat sebagai reagen redoksnnya. Dari hasil penelitian didapatkan etanol terelektrooksidasi menjadi karbondioksida dengan persentase etanol teroksidasi sekitar 0,13 - 2,72 %. Dari variasi konsentrasi reagen redoks disimpulkan bahwa semakin meningkat konsentrasi reagen redoks, yakni kobalt sulfat, semakin meningkat jumlah etanol teroksidasi.

Kata kunci: elektrooksidasi, etanol, kobalt sulfat.

### EFFECT OF COBALT-SULFATE CONCENTRATION ON ELECTROOXIDATION ETHANOL

### ABSTRACT

The subject of this experiment is to determine the percentage of ethanol indirectly oxidized and the influence of variation of redox reagent concentration within the same condition of voltage, electrolysis time, and temperature of cell. Electrodes used are lead as anode and nicrom as cathode, while cobaltous sulfate is the redox reagent. The result shows ethanol electrooxidized into carbondioxide with the percentage of ethanol oxidized is 0,13 - 2,72 %. Variation of redox reagent concentrations shows that the greater concentration of redox reagent, which is cobaltous sulfate, the greater numbers of ethanol oxidized.

Keywords: electrooxidation, ethanol, cobaltous sulfate.

### PENDAHULUAN

Etanol dapat mengalami proses oksidasi dengan reagen oksidator, seperti ion dikromat, yang menghasilkan asam asetat.



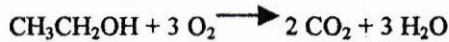
Oksidasi asam asetat lebih lanjut tidak akan menghasilkan suatu senyawa baru yang lebih sederhana. Metode oksidasi yang dapat mengoksidasi etanol menjadi senyawa yang paling sederhana adalah metode elektrooksidasi, yakni oksidasi yang dihasilkan melalui elektrolisis<sup>[1]</sup>. Penelitian ini bertujuan menentukan per-

sentase hasil dan pengaruh variasi konsentrasi reagen redoks terhadap hasil elektrooksidasi etanol. Penelitian oksidasi elektrolitik pernah dilakukan oleh Ibanez dkk. secara kualitatif dalam skala mikro dan menggunakan gliserin sebagai zat teroksidasi<sup>[2]</sup>.

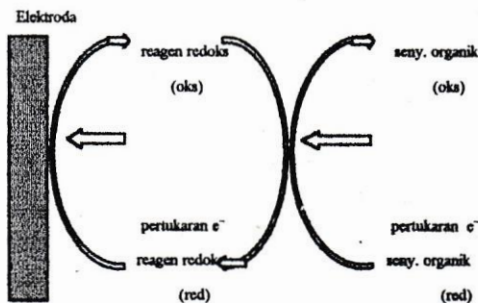
Etanol, yang merupakan senyawa organik, mengalami proses oksidasi secara elektrolitik menghasilkan gas karbondioksida dan molekul air<sup>[3]</sup>.



Pada sel bahan bakar, etanol juga teroksidasi dengan adanya oksigen menjadi gas karbondioksida, molekul air, dan menghasilkan energi<sup>[4]</sup>.

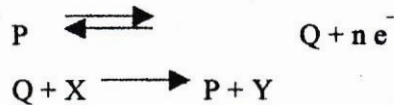


Elektrooksidasi senyawa organik membutuhkan waktu yang relatif lebih lama dan potensial tinggi. Ini disebabkan senyawa organik umumnya merupakan spesies kurang aktif. Untuk mengatasinya, ahli kimia menggunakan metode elektrooksidasi tidak langsung memakai reagen redoks. Dalam metode ini, reagen redoks teroksidasi terlebih dulu pada permukaan elektroda, yang kemudian berinteraksi dengan senyawa organik yang akan dioksidasi. Dalam interaksi, senyawa organik akan teroksidasi, sedangkan reagen redoks kembali tereduksi. Proses ini terjadi berulang kali, hingga senyawa organik teroksidasi seluruhnya, dan proses selanjutnya yang terjadi hanyalah oksidasi reagen redoks saja. Reagen redoks dapat berupa senyawa organik, maupun anorganik, dan berfungsi sebagai pembawa elektron (electron carrier).



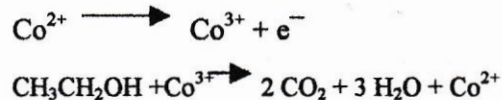
Gambar 1. Skema elektrooksidasi senyawa organik secara tidak langsung menggunakan reagen redoks.

Melalui skema tersebut, mekanisme reaksinya dapat digambarkan sebagai berikut:



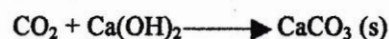
$\text{P}/\text{Q}^{n+}$  adalah reagen redoks, X reaktan dan Y produk reaksi. Perlu diingat bahwa reagen redoks sebaiknya memiliki nilai standar potensial lebih tinggi daripada senyawa yang akan dioksidasi ( $E^\circ_{\text{P}/\text{Q}} > E^\circ_{\text{X}/\text{Y}}$ ), sehingga reagen redoks mudah mengoksidasi reaktan<sup>[5]</sup>.

Pada elektrooksidasi etanol dengan reagen redoks  $\text{Co}[\text{II}]/\text{Co}[\text{III}]$ , mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut:



Berdasarkan mekanisme reaksi tersebut, jumlah konsentrasi kobalt yang teroksidasi secara elektrolitik menentukan besar persentase elektrooksidasi etanol dan dapat diamati dengan menentukan berat karbondioksida yang dihasilkan secara gravimetri.

Gas karbondioksida yang dihasilkan dari oksidasi etanol diidentifikasi sebagai endapan putih kalsiumkarbonat pada larutan kalsium hidroksida jenuh, yang dibuat dengan melarutkan kalsium hidroksida kristal pada aquadest<sup>[6]</sup>.



Kuantitas endapan kalsium karbonat yang terbentuk, sebanding dengan kuantitas etanol teroksidasi. Dengan mengeta-

hui kuantitas endapan tersebut, dapat diketahui kuantitas etanol teroksidasi.

## BAHAN DAN METODE

Jumlah etanol yang teroksidasi secara elektrolitik dipengaruhi oleh beberapa parameter, yakni: konsentrasi reagen redoks, temperatur sel elektrolisa, arus listrik yang digunakan, pH larutan, waktu elektrolisa, dan jarak antar elektroda. Dengan mengkondisikan temperatur sel, arus listrik, pH larutan, waktu elektrolisa, dan jarak antar elektroda yang sama, dapat ditentukan pengaruh konsentrasi reagen redoks terhadap jumlah etanol yang teroksidasi.

Sebanyak 1 g kristal kobalt sulfat dilarutkan dengan aquadest dalam labu takar 1000 mL sebagai larutan induk 0,013 M reagen redoks. Berturut-turut sebanyak 77,5 mL, 62 mL, 46,5 mL, 31 mL, dan 15,5 mL larutan induk diencerkan dengan aquadest dalam labu takar 100 mL untuk membuat larutan kobalt sulfat 0,005 M, 0,004 M, 0,003 M, 0,002 M, dan 0,001 M. Setiap konsentrasi kobalt sulfat dibuat sebanyak lima buah untuk lima kali pengulangan, dan dimasukkan kedalam sel elektrolisa.

Etanol 99,8% sebanyak 0,2 mL dimasukkan ke dalam sel elektrolisa, diasamkan dengan asam sulfat encer. Sel elektrolisa kemudian disumbat dengan karet yang telah diberi celah untuk elektroda, timbal sebagai anoda dan kawat neklin sebagai katoda, serta slang plastik jalan keluar gas yang dihasilkan selama elektrolisa dihubungkan ke tabung reaksi yang berisi larutan jenuh kalsium hidroksida. Se-

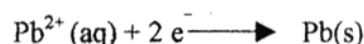
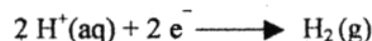
tiap tabung reaksi berisi 15 mL larutan jenuh kalsium hidroksida. Kemudian sel elektrolisa dimasukkan pada penangas air dengan temperatur diatur 50 - 60 °C. Elektroda timbal dihubungkan pada kutub positif dan kawat neklin pada kutub negatif sumber arus DC, dengan tegangan listrik sebesar 9 volt. Setelah 1,5 jam, endapan yang terbentuk selama proses elektrolisa pada tabung reaksi disaring, kemudian ditimbang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Elektrolisis etanol dengan larutan kobalt sulfat sebagai reagen redoks menghasilkan gas karbondioksida, hidrogen, oksigen, dan molekul air. Gas karbondioksida dan molekul air dihasilkan dari oksidasi etanol, sedangkan gas hidrogen dan oksigen dihasilkan dari reaksi redoks pelarut di kedua elektroda. Pada anoda terjadi reaksi sebagai berikut:



Pada katoda terjadi reaksi sebagai berikut:



Gas-gas hasil elektrolisa mengalir menuju tabung reaksi yang berisi larutan jenuh kalsium hidroksida dan membentuk endapan putih kalsium karbonat. Dengan penyaringan dan penimbangan, berat endapan kalsium karbonat dapat diketahui.

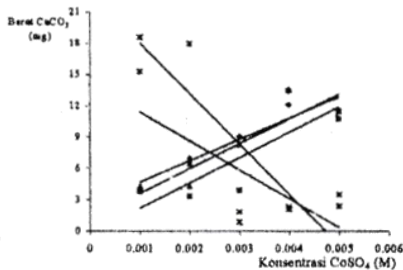
Dari eksperimen, diperoleh data berat kalsium karbonat terhadap variasi kon-

sentralisasi kobalt sulfat untuk lima kali pengulangan sebagai berikut:

Tabel 1. Berat kalsium karbonat hasil elektrokalisasi etanol tiap-tiap konsentrasi kobalt sulfat untuk lima kali pengulangan.

[CoSO <sub>4</sub> ] (M)	Berat CaCO <sub>3</sub> (mg)				
	I	II	III	IV	V
0,001	4,00	3,80	4,27	15,3	18,60
0,002	7,00	3,30	4,27	6,44	17,96
0,003	9,10	3,90	8,30	1,84	0,87
0,004	12,14	13,44	13,49	2,33	2,10
0,005	11,64	10,77	11,47	3,53	2,40

Grafik hubungan antara pengaruh konsentrasi kobalt sulfat terhadap pembentukan kalsium karbonat ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik hubungan antara variasi konsentrasi kobalt sulfat terhadap berat kalsium karbonat.

Tiap konsentrasi eksperimen diulang sebanyak lima kali yang ditunjukkan dengan seri 1-5. Dengan regresi linear, didapatkan grafik dari tiap pengulangan berupa grafik linear yang semakin naik pada seri 1-3, sedangkan seri 4 dan 5 yang semakin turun. Secara kesetaraan mol diperoleh data berat karbondioksida terhadap variasi konsentrasi kobalt sulfat

untuk lima kali pengulangan sebagai berikut:

Tabel 2. Berat kesetaraan mol karbondioksida untuk tiap variasi konsentrasi kobalt sulfat.

[CoSO <sub>4</sub> ] (M)	Berat CO <sub>2</sub> (mg)				
	I	II	III	IV	V
0,001	1,76	1,67	1,88	6,73	8,18
0,002	3,08	1,45	1,88	2,83	7,90
0,003	4,00	1,72	3,65	0,81	0,38
0,004	5,34	5,91	5,94	1,03	0,92
0,005	5,12	4,74	5,05	1,55	1,06

Persentase etanol teroksidasi didapatkan dengan membagi berat karbondioksida hasil eksperimen dengan berat karbondioksida secara teoritis, dan mengalikannya dengan 100%. Data yang menunjukkan persentase hasil etanol teroksidasi adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Persentase etanol teroksidasi.

[CoSO <sub>4</sub> ] (M)	Persentase etanol teroksidasi (%)				
	I	II	III	IV	V
0,001	0,58	0,55	0,62	2,23	2,72
0,002	1,02	0,48	0,62	0,94	2,62
0,003	1,33	0,57	1,21	0,27	0,13
0,004	1,77	1,96	1,97	0,34	0,31
0,005	1,70	1,57	1,68	0,51	0,35

Semakin besar konsentrasi kobalt sulfat, endapan kalsium karbonat cenderung bertambah. Pembentukan endapan tersebut sebanding dengan jumlah karbondioksida hasil oksidasi etanol. Karena karbondioksida merupakan hasil oksidasi etanol, maka kuantitasnya merupakan in-

dikator kuantitas etanol teroksidasi. Dengan demikian, penambahan konsentrasi kobalt sulfat meningkatkan kuantitas etanol teroksidasi.

Berat anoda berkurang karena timbal teroksidasi menjadi  $Pb^{2+}$  dan larut. Berat katoda bertambah karena ion  $Pb^{2+}$  tereduksi dan terdeposit pada permukaannya. Data yang menunjukkan selisih berat kedua elektroda terhadap variabel konsentrasi kobalt sulfat selama elektrooksidasi ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Selisih berat katoda timbal terhadap variasi konsentrasi kobalt sulfat.

[CoSO <sub>4</sub> ] (M)	Selisih Berat Elektroda Pb (mg)				
	I	II	III	IV	V
0,001	5,40	1,37	1,10	2,10	0,60
0,002	1,70	0,53	4,00	0,50	0,24
0,003	2,07	1,00	0,77	0,64	1,44
0,004	0,90	2,00	0,33	0,83	0,20
0,005	1,04	-0,23	1,04	0,84	0,54

Tabel 4. Selisih berat anoda neklin terhadap variasi konsentrasi kobalt sulfat.

[CoSO <sub>4</sub> ] (M)	Selisih Berat Elektroda Neklin (mg)				
	I	II	III	IV	V
0,001	0,40	0,93	2,43	3,04	2,80
0,002	2,86	4,43	4,86	0,60	5,70
0,003	8,37	7,06	8,24	5,96	2,94
0,004	10,34	8,97	7,30	2,67	7,57
0,005	12,10	4,94	11,83	7,33	6,63

Kuantitas hasil elektrooksidasi yang semakin menurun pada percobaan IV dan V disebabkan temperatur sel yang relatif

lebih tinggi, sekitar 60°C, dari temperatur sel percobaan I, II, III pada konsentrasi 0,001 M dan 0,002 M reagen redoks, yakni sekitar 50°C. Temperatur dapat meningkatkan laju reaksi elektrooksidasi, hal ini dapat dijelaskan berdasarkan persamaan Nernst, yakni:

$$E = E^0 - \frac{nF}{RT} \ln Q$$

Berdasarkan persamaan Nernst tersebut, semakin tinggi temperatur sel, laju elektrolisa semakin besar. Sehingga kuantitas elektrooksidasi etanol pada konsentrasi 0,001 M dan 0,002 M reagen redoks lebih besar dibandingkan pada konsentrasi reagen redoks selanjutnya.

## KESIMPULAN

Elektrooksidasi etanol menggunakan reagen redoks kobalt sulfat, anoda timbal, dan katoda kawat neklin menghasilkan karbondioksida. Jumlah gas karbondioksida merupakan indikator kuantitas etanol teroksidasi yang dapat diketahui dengan mereaksikannya dengan larutan kalsium hidroksida membentuk endapan kalsium karbonat, sehingga beratnya dapat ditentukan.

Besar konsentrasi reagen redoks mempengaruhi jumlah etanol teroksidasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi kobalt sulfat, semakin banyak jumlah etanol teroksidasi dengan kondisi pH sel asam dan temperatur sel 50–60°C. Rendemen hasilnya sebesar 0,13 - 2,72%.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bp. Ir. Sugito Surodihardjo selaku penyandang dana, serta saudara Joko Kristanto atas berbagai saran bagi penulis.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Chang, R., *Chemistry*, 3rd ed., McGraw Hill, New York, 1991, p. 1010.
2. Ibanez, J. G., Singh, M. M.; Szafran, Z., *J. Chem. Educ.*, Vol. 74, 1997, pp. 1449 - 1450.
3. Manahan, S. E., *Fundamentals of Environmental Chemistry*, Lewis Publishers, Michigan, 1993, p. 699.
4. Alberty, D. E., *Physical Chemistry*, 3rd ed., Mc Graw Hill, New York, 1994, p.401.
5. Lund, H., Baizer, M. M., *Organic Electrochemistry*, 3rd ed., Marcel Dekker, York, 1991, p. 1218.
6. Treadwell, F. P., Hall, W. T., *Analytical Chemistry, Quantitative Analysis*, Vol. I, Wiley & Sons, London, 1994, p. 688.