

SIFAT TERMODINAMIK SISTEM BINER ETANOL-AIR*)

Oleh: Isana SYL**)

Email: isana_supiah@uny.ac.id

ABSTRAK

Sifat-sifat fisik suatu sistem dapat dipelajari dengan menentukan besaran termodinamik sistem itu. Campuran dapat bersifat ideal bila mengikuti hukum Raoult, sebaliknya bila tidak mengikuti hukum Raoult, campuran bersifat tidak ideal. Penyimpangan dari keidealan dapat dinyatakan dengan koefisien aktifitas. Etanol dan air dapat bercampur dalam berbagai komposisi, oleh karenanya sangat menarik apabila dikaji tentang sifat-sifat termodinamik sistem itu.

Perubahan entalpi penguapan, koefisien aktifitas, perubahan energi bebas Gibbs dan perubahan entropi sistem biner etanol-air ditentukan berdasarkan data variasi titik didih pada berbagai komposisi campuran. Perubahan entalpi penguapan dan koefisien aktifitas ditentukan dengan menggunakan grafik, sedangkan perubahan energi bebas Gibbs dan perubahan entropi ditentukan secara analitik.

Kata kunci: sifat termodinamik, sistem biner

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem biner dapat bersifat ideal maupun tidak. Bila sistem biner bersifat ideal maka akan mengikuti hukum Raoult pada seluruh kisaran komposisi, sehingga akan memiliki perubahan volum, ΔV_{camp} dan perubahan entalpi, ΔH_{camp} yang berharga nol (Castellan, 1971: 305), sedangkan perubahan entropi, ΔS_{camp} dan perubahan energi bebas Gibbs, ΔG_{camp} didefinisikan seperti Persamaan (1) dan (2) (Atkins, PW, 1986:169).

$$\Delta S_{\text{camp}} = - nR \sum x_i \ln x_i \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta G_{\text{camp}} = nRT \sum x_i \ln x_i \quad \dots\dots\dots(2)$$

Bila sistem mengikuti hukum Raoult maka ΔV_{camp} dan ΔH_{camp} berharga nol, tetapi hal ini tidak berlaku kebalikannya, bila suatu sistem memiliki ΔV_{camp} dan ΔH_{camp} berharga nol tidak selalu mengikuti hukum Raoult, artinya, larutan dapat bersifat ideal atau tidak ideal.

*) Disampaikan pada Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA dengan Tema Peningkatan Keprofesionalan Peneliti, Pendidik dan Praktisi MIPA pada Tanggal 25 Agustus 2007

**) Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY

Sistem biner tidak ideal melibatkan sifat-sifat molal parsial, seperti volum molal parsial dari komponen-komponen dalam larutan, perubahan entalpi molal parsial atau perubahan entalpi diferensial larutan, perubahan energi dalam parsial molal, dan energi bebas molal parsial atau potensial kimia. (Smith, JM., Van Ness, HC., and Abbott, MM., 2001:371-381). Besaran-besaran ini dapat ditentukan dengan metoda grafik, analitik atau dengan menggunakan suatu fungsi. Secara matematik sifat molal parsial didefinisikan seperti Persamaan (3). Koefisien aktifitas dapat digunakan untuk mengukur penyimpangan suatu larutan dari perilaku ideal. Harga aktifitas dan koefisien aktifitas dapat berbeda, tetapi perubahan sifat termodinamik tetap sama.

$$\left(\frac{\partial J}{\partial n_i} \right)_{T,P,n_j} = J_i \dots\dots\dots(3)$$

Sistem biner etanol-air dapat bersifat ideal atau tidak ideal. Untuk itu perlu dikaji sejauhmanakah sifat-sifat termodinamik sistem biner etanol-air.

Permasalahan

“Sejauhmanakah sifat-sifat termodinamik sistem biner etanol-air?” Hal ini merupakan suatu permasalahan yang memiliki arti sangat luas karena melibatkan sejumlah besaran termodinamik. Pengukuran besaran termodinamik suatu sistem dapat menunjukkan sifat-sifat sistem itu. Besaran termodinamik dapat berupa fungsi keadaan maupun bukan fungsi keadaan, sehingga memiliki karakteristik pengukuran yang berbeda.

Pada kesempatan ini akan dicoba menentukan perubahan entalpi penguapan, koefisien aktifitas, perubahan energi bebas Gibbs dan perubahan entropi sistem biner etanol-air berdasarkan data variasi titik didih pada berbagai komposisi campuran.

Urgensi Masalah

Permasalahan termodinamika sangat berkaitan dengan sifat-sifat fisik suatu sistem. Oleh karena itu berbicara sifat-sifat fisik suatu sistem tidak dapat dilepaskan dari permasalahan termodinamika. Suatu besaran termodinamika mewakili suatu sifat fisik tertentu, sehingga dengan menentukan harga suatu besaran termodinamik sama halnya telah menentukan salah satu sifat fisik sistem itu.

Etanol dan air memiliki kemampuan untuk bercampur pada berbagai komposisi. Oleh karena itu sangat menarik apabila dikaji sifat-sifat termodinamik sistem biner etanol-air pada berbagai variasi komposisi.

PEMBAHASAN

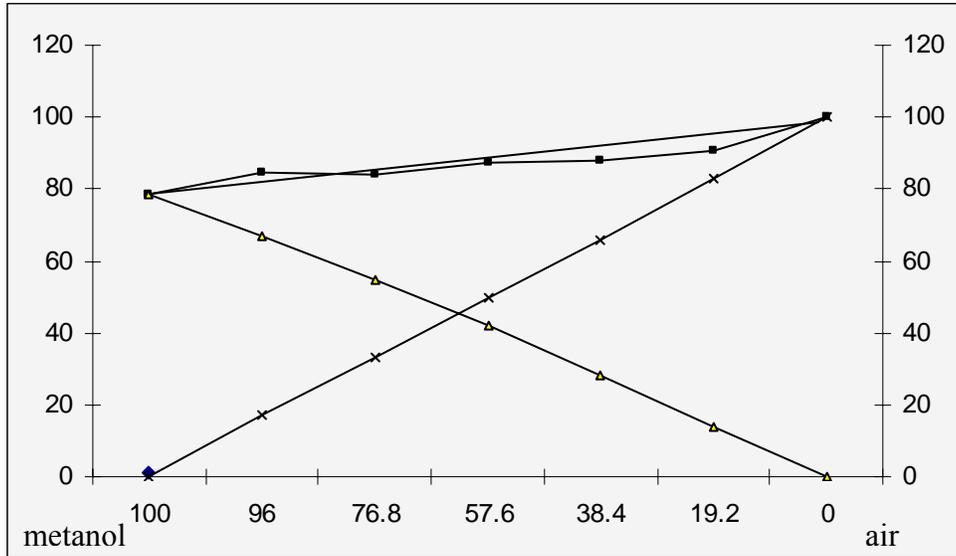
Sistem biner etanol dan air pada berbagai fraksi mol memiliki titik didih yang berbeda, dapat diperiksa Tabel 1 (Esti Candrasari dan Isana SYL, 2002: 8 dan 11).

Tabel 1. Variasi Titik Didih (T_b) Sistem Biner Etanol-Air pada Berbagai Fraksimol Etanol (x)

x	T_b
1	84,5
0,542	84,0
0,308	87,5
0,165	88,0
0,069	90,5
0	100

Berdasarkan Tabel 1 dapat dibuat diagram fasa sistem biner etanol-air yang menunjukkan hubungan antara titik didih dan komposisi, yang dinyatakan dalam persen, dapat diperiksa Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dipahami bahwa sistem biner etanol-air memiliki penyimpangan dari keidealan, terutama terjadi pada kadar etanol 96% atau fraksi mol etanol sebesar 0,542 serta pada kadar etanol 19,2 dan 38,4% atau fraksi mol etanol sebesar 0,069 dan 0,165. Pada kadar etanol 96% terjadi deviasi positif, sedangkan pada kadar etanol 19,2 dan 38,4% terjadi deviasi negatif, meskipun penyimpangan tidak begitu besar, sehingga masih dapat dianggap sebagai suatu campuran ideal.



Gambar 1. Diagram Fasa Sistem Biner Etanol-Air

Berdasarkan Tabel 1 dapat diungkap sifat-sifat termodinamik sistem biner etanol-air, antara lain perubahan entalpi penguapan (ΔH_{vap}), koefisien aktifitas, perubahan entropi (ΔS) dan perubahan energi bebas Gibbs (ΔG). Perubahan entalpi penguapan (ΔH_{vap}) dan koefisien aktifitas (j) dapat ditentukan dengan membuat grafik $\ln x$ terhadap $\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}\right)$, dengan x merupakan fraksi mol pelarut, T dan T_o masing-masing adalah titik didih sistem biner etanol-air dan titik didih etanol murni, dapat diperiksa Gambar 2. Hal ini sesuai dengan Persamaan (5), yang merupakan penataan ulang Persamaan (4). Persamaan (4) menyatakan hubungan aktivitas (a) dengan kenaikan titik didih sistem biner etanol-air (Dogra SK dan Dogra S, 1990: 602).

$$\ln a = \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right) \dots\dots\dots(4)$$

$$\ln x = \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right) + \ln j \dots\dots\dots(5)$$

Tabel 2. Data $\ln x$ dan $\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)$

x	$\ln x$	T_0	T	$1/T_0$	$1/T$	$1/T - 1/T_0$
0,542	-0,612	351,65	357,15	0.00284	0.00280	-4.37927×10^{-5}
0,308	-1,179	351,65	360,65	0.00284	0.00277	-7.09653×10^{-5}
0,165	-1,802	351,65	361,15	0.00284	0.00277	-7.48041×10^{-5}
0,069	-2,674	351,65	363,65	0.00284	0.00275	-9.38398×10^{-5}

Berdasarkan Gambar 2, besarnya perubahan entalpi penguapan dapat ditentukan, yakni berdasarkan harga slop (kemiringan) grafik, sedangkan koefisien aktifitas (j) dapat ditentukan berdasarkan harga intersep grafik (titik potong grafik dengan sumbu Y).

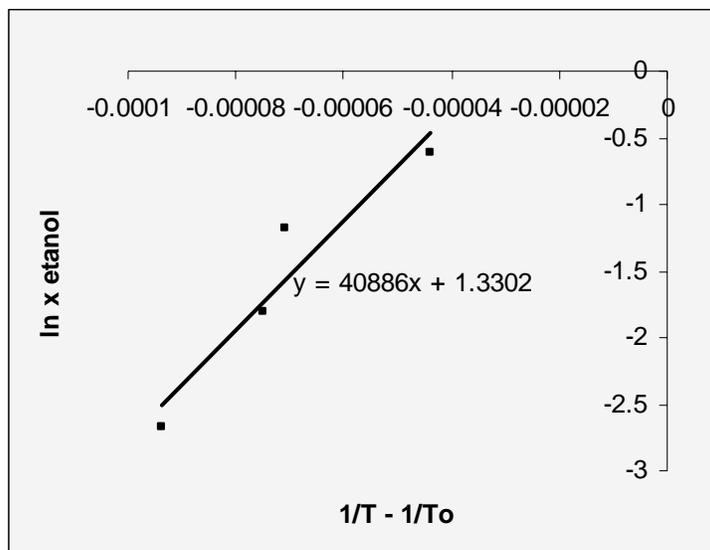
$$\Delta H_{vap} = 339,93 \text{ kJ}$$

$$j = 1,33$$

Perubahan entalpi penguapan sistem biner etanol-air berharga positif. Hal ini menunjukkan bahwa proses penguapan bersifat endotermik. Harga koefisien aktifitas yang tidak jauh dari harga satu menunjukkan penyimpangan keidealitas yang tidak terlalu besar, sehingga masih dapat dianggap sebagai suatu campuran yang ideal. Hal ini juga didukung oleh grafik pada Gambar 1, adanya deviasi positif dan negatif pada beberapa titik komposisi yang tidak terlalu besar, sehingga masih dapat dianggap sebagai suatu campuran yang ideal. Besarnya perubahan entropi dan energi bebas Gibbs ditentukan secara analitik berdasarkan Persamaan (1) dan (2), dapat diperiksa Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan Entropi dan Energi Bebas Gibbs Sistem Biner Etanol-Air

x_{metanol}	$\Delta S_{\text{camp, J}}$	$\Delta G_{\text{cam, kJ}}$
0,542	2,36	-0,844
0,308	3,12	-1,113
0,165	2,99	-1,078
0,069	2,08	-0,752



Gambar 2. Grafik $\ln x$ terhadap $\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}\right)$

Berdasarkan Tabel 3, harga perubahan energi bebas Gibbs pencampuran yang berharga negatif menunjukkan kespontanan suatu proses. Hal ini meyakinkan bahwa etanol dan air memiliki kemampuan untuk bercampur pada berbagai komposisi atau dapat dikatakan bahwa proses pencampuran etanol dan air pada berbagai komposisi dapat terjadi secara spontan. Hal ini didukung oleh harga perubahan entropi pencampuran yang berharga positif.

PENUTUP

Simpulan

Sifat-sifat termodinamik sistem biner etanol-air, seperti perubahan entalpi penguapan, koefisien aktifitas, perubahan entropi dan perubahan energi bebas Gibbs dapat ditentukan melalui pendekatan sifat koligatif dengan menentukan variasi titik didih dan komposisi. Perubahan entalpi penguapan sistem biner etanol-air yang berharga positif menunjukkan bahwa proses penguapan sistem biner etanol-air bersifat endotermik, sedangkan berdasarkan harga perubahan energi bebas Gibbs yang berharga negatif menunjukkan bahwa proses pencampuran etanol dan air pada berbagai komposisi dapat

terjadi secara spontan. Hal ini didukung juga dengan harga perubahan entropi campuran yang berharga positif. Harga koefisien aktifitas yang tidak jauh dari harga satu menunjukkan bahwa penyimpangan sistem dari keidealan tidak begitu besar sehingga masih dapat ditoleransi sebagai campuran yang ideal. Hal ini didukung juga oleh diagram fasa sistem biner etanol-air yang menunjukkan deviasi positif dan negatif pada berbagai komposisi yang tidak begitu besar.

Saran

Melalui pendekatan sifat koligatif masih memungkinkan untuk diungkap sifat-sifat termodinamik yang lain, demikian juga untuk sistem biner yang lain. Dengan mengungkap sifat-sifat termodinamik sistem akan sangat berguna dalam memahami sifat fisik sistem tersebut, baik secara mikroskopis maupun makroskopis.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, PW. (1986). *Physical Chemistry*. 3rd Edition. Oxford: Oxford University Press.
- Castellan, Gilbert W. (1971). *Physical Chemistry*. 2nd Edition. Manila: Addison Wesley Publishing Company.
- Dogra SK dan Dogra S. (1990). *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Penerjemah: Umar Mansyur dan Yoshita. Jakarta: UI-Press.
- Esti Candrasari dan Isana SYL. (2002). *Termogram Suhu terhadap Waktu untuk Etanol*. Laporan Penelitian Kimia. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.
- Smith, JM., Van Ness, HC., and Abbott, MM. (2001). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 6th Edition. Singapore: McGraw Hill