

SIFAT TERMODINAMIK SISTEM BINER 1-PROPANOL-AIR*)

Oleh: Isana SYL**)

Email: isana_supiah@uny.ac.id

ABSTRAK

Sifat-sifat fisik suatu sistem dapat dipelajari dengan menentukan besaran termodinamik sistem itu. Besaran termodinamik dapat ditentukan melalui sifat koligatif, misalnya berdasarkan data variasi titik didih campuran. Campuran dapat bersifat ideal bila mengikuti hukum Raoult, sebaliknya bila tidak mengikuti hukum Raoult, campuran bersifat tidak ideal. Penyimpangan dari keidealannya dapat dinyatakan dengan koefisien aktifitas. 1-Propanol 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 1-propanol-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 Kimia dengan Tema Peran Kimia dan Pendidikan Kimia dalam Pengembangan Industri yang Berwawasan Lingkungan pada Tanggal 17 Nopember 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 1-propanol-air dapat bersifat ideal atau tidak ideal. Untuk itu perlu dikaji sejauhmanakah sifat-sifat termodinamik sistem biner 1-propanol-air.

Permasalahan

“Sejauhmanakah sifat-sifat termodinamik sistem biner 1-propanol-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 1-propanol-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.

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

PEMBAHASAN

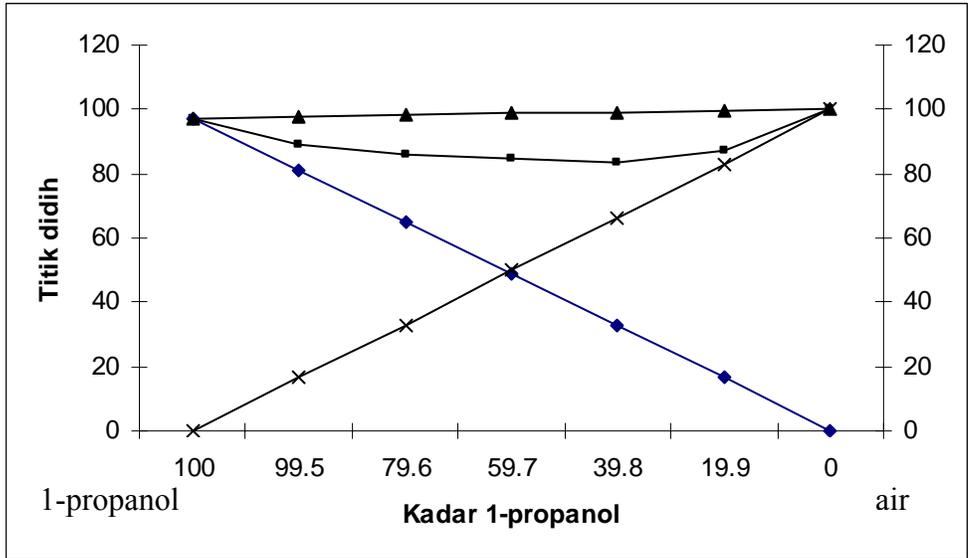
Sistem biner 1-propanol dan air pada berbagai fraksi mol memiliki titik didih yang berbeda, dapat diperiksa Tabel 1 (Anik Kurniawati dan Isana SYL, 2002: 18 dan Lampiran 2).

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

x	T_b
1	89,0
0,49	86,0
0,26	85,0
0,14	83,5
0,06	87,0
0	100

Berdasarkan Tabel 1 dapat dibuat diagram fasa sistem biner 1-propanol-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 1-propanol-air memiliki penyimpangan dari keidealan, yakni terjadi deviasi negatif.



Gambar 1. Diagram Fasa Sistem Biner 1-Propanol-Air

Berdasarkan Tabel 1 dapat diungkap sifat-sifat termodinamik sistem biner 1-propanol-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 1-propanol-air dan titik didih 1-propanol murni, dapat diperiksa Gambar 2. Hal ini sesuai dengan Persamaan (5), yang merupakan penataan ulang Persamaan (4). Persamaan (4) menyatakan hubungan aktifitas (a) dengan kenaikan titik didih sistem biner 1-propanol-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	$1/T_0$	$1/T$	$1/T - 1/T_0$
0,49	-0,717	370,15	359,15	0.0027	0.00278	$8,420 \times 10^{-5}$
0,26	-1,334	370,15	358,15	0.0027	0.00279	$9,198 \times 10^{-5}$
0,14	-1,987	370,15	356,65	0.0027	0.00280	$10,372 \times 10^{-5}$
0,06	-2,878	370,15	360,15	0.0027	0.00278	$7,647 \times 10^{-5}$

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).

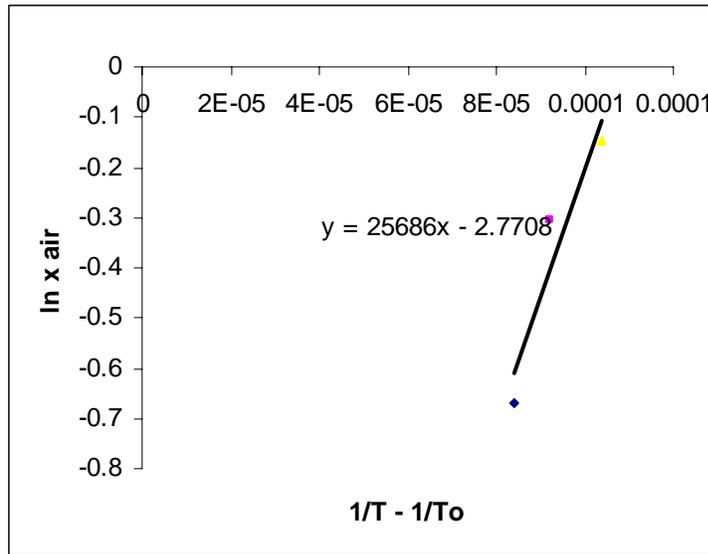
$$\Delta H_{vap} = 213,553 \text{ kJ}$$

$$j = -2,7708$$

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

Tabel 3. Perubahan Entropi dan Energi Bebas Gibbs Sistem Biner 1-Propanol-Air

$x_{1\text{-propanol}}$	$\Delta S_{\text{camp, J}}$	$\Delta G_{\text{cam, kJ}}$
0,49	3,13	-1,123
0,26	3,62	-1,295
0,14	3,21	-1,145
0,06	2,12	-0,763



Gambar 2. Grafik $\ln x$ terhadap $\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)$

Berdasarkan Tabel 3, perubahan energi bebas Gibbs pencampuran yang berharga negatif menunjukkan kespontanan suatu proses. Hal ini meyakinkan bahwa 1-propanol dan air memiliki kemampuan untuk bercampur pada berbagai komposisi atau dapat dikatakan bahwa proses pencampuran 1-propanol dan air pada berbagai komposisi dapat terjadi secara spontan. Hal ini didukung oleh perubahan entropi pencampuran yang berharga positif.

PENUTUP

Simpulan

Sifat-sifat termodinamik sistem biner 1-propanol-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 1-propanol-air yang berharga positif menunjukkan bahwa proses penguapan sistem biner 1-propanol-air bersifat endotermik, sedangkan berdasarkan perubahan energi bebas Gibbs yang berharga negatif menunjukkan bahwa proses pencampuran 1-propanol dan air pada berbagai komposisi dapat terjadi secara spontan. Hal ini didukung juga dengan perubahan entropi campuran yang berharga positif. Harga koefisien aktifitas yang relatif besar menunjukkan bahwa terjadi penyimpangan dari kondisi ideal, hal ini didukung juga oleh diagram fasa sistem biner 1-propanol-air yang menunjukkan terjadinya deviasi negatif.

Saran

Melalui pendekatan sifat koligatif masih dapat diungkap sifat-sifat termodinamik yang lain, demikian juga dapat dicoba untuk sistem 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.
- Anik Kurniawati dan Isana SYL. (2002). Termogram Suhu terhadap Waktu untuk 1-Propanol. *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