

**PENGGANTIAN SODA API (NaOH) DENGAN KALIUM HIDROKSIDA (KOH)
PADA DESTILASI SISTEM BINER AIR-ETANOL**

**(REPLACING SODA ASH (NaOH) WITH KALIUM HYDROXYDE (KOH) IN
DESTILATION OF BINARY ETHANOL-WATER MIXTURE)**

Ana Ulfa Istiqomah^a, Fitria Rahmawati*^a, and Khoirina Dwi Nugrahaningtyas^a

*Research Group of Solid State Chemistry & Catalysis, Chemistry Department, Sebelas
Maret University, Jl.Ir. Sutami 36 A Kentingan Surakarta 57126*

*email : fitria@mipa.uns.ac.id

DOI : 10.20961/alchemy.v12i2.1876

Received 24 July 2016, Accepted 26 July 2016, Published 01 September 2016

ABSTRAK

Soda api (NaOH) telah lama digunakan dalam produksi bioetanol yaitu pada destilasi tahap dua, untuk meningkatkan kemurnian bioetanol hingga 90 %. Proses destilasi akan menghasilkan limbah cair dengan kadar natrium tinggi yang berdampak buruk bagi tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari penggantian NaOH dengan KOH, dimana diketahui bahwa kalium merupakan salah satu nutrisi yang menjaga kesuburan tanah. Perbandingan parameter-parameter termodinamika, kurva kesetimbangan fasa uap-cair dan titik azeotrop pada destilasi campuran air-etanol digunakan untuk jika KOH dan NaOH digunakan sebagai aditif. Penelitian ini menggunakan suatu model campuran air-etanol pada beberapa variasi komposisi 0-100 % berat etanol. Penambahan elektrolit adalah 0,1 mol elektrolit / berat total campuran etanol-air. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan elektrolit ke dalam campuran air-etanol dapat menghilangkan titik azeotrop dan menyebabkan molekul-molekul etanol lepas dari molekul-molekul air. Entalpi pencampuran antara air-etanol yaitu 239,601 kJ/mol. Entalpi pencampuran menjadi 259.796 kJ/mol and 264.793 kJ/mol setelah penambahan NaOH dan KOH. Hal ini menunjukkan bahwa pencampuran berlangsung secara endotermis dikarenakan perbedaan polaritas molekul air dan molekul etanol. Keberadaan elektrolit bahkan menurunkan interaksi antar molekul-molekul air-etanol. Tetapi pencampuran menyebabkan ketidakteraturan yang menyebabkan perubahan entropi positif dan perubahan energi bebas Gibbs negatif. Hal ini mengindikasikan bahwa pencampuran terjadi secara spontan pada suhu kamar. Sedangkan perubahan entalpi penguapan, ΔH_{vap} , dari campuran air-etanol yaitu 76,229 kJ/mol dan menjadi 235,366 kJ/mol setelah penambahan NaOH, serta berubah menjadi 126,189 kJ/mol setelah penambahan KOH. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan elektrolit menghambat penguapan air sebagai komponen utama dalam campuran dan menyebabkan molekul-molekul etanol menguap menghasilkan destilat etanol dengan kemurnian tinggi.

Kata Kunci: air-etanol, azeotrop, kesetimbangan fasa uap-cair, sifat koligatif, sifat termodinamik.

ABSTRACT

Soda ash (NaOH) has been used in bioethanol production in the second step distillation to increase the purity up to 90%. The distillation process will produce waste water with a high sodium content. The soda ash itself serve as an electrolyte to modify the colligative properties of the water-ethanol mixture allowing the disappearance of azeotropic point. This research aims to study the replacement of NaOH with KOH, in which the kalium is a nutrient to maintain soil fertility. This research study the thermodynamics properties, vapor-liquid equilibrium, colligative properties and also its azeotropic point in the distillation of water-ethanol mixture when KOH and NaOH were used as the additive. A model of water-ethanol mixture at a various composition of 0-100 weight % of ethanol was used. The electrolyte addition was 0.1 mol electrolyte/total weight of ethanol-water. The result shows that the addition of electrolyte into ethanol-water mixture eliminate the azeotropic point and allows the ethanol molecules to separate from water. The enthalpy of mixing between water-ethanol is 239.601 kJ/mol. It becomes 259.796 kJ/mol and 264.793 kJ/mol after the addition of NaOH and KOH, respectively. It confirming the endothermic mixing process due to different polarity between water and ethanol. The presence of electrolyte even reduce more their molecular interaction. However, the change to irregularity result a high positive entropy values that result the negative Gibbs free energy. It confirms the spontaneity of mixing. The vaporization enthalpy, H_{vap} , of water-ethanol mixture is 76.229 kJ/mol and it becomes 235.366 kJ/mol and 126.189 kJ/mol after the addition of NaOH and KOH. It indicates that the presence of electrolyte inhibites vaporization of water as the major component and allowing ethanol molecules to vapor producing more high purity ethanol.

Keywords: azeotrope, ethanol-water, vapor-liquid equilibrium, colligative properties, thermodynamics properties.

PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang bersifat *renewable*, tidak beracun, serta *biodegradable*. Diperkirakan pada tahun 2030 penggunaan bahan bakar etanol diseluruh dunia mencapai 10-20% dari konsumsi bensin atau kira-kira tujuh kali lipat dari kapasitas produksi etanol pada tahun 2005 (Razmovski dan Vucurovic, 2012). Salah satu tantangan dalam pembuatan bioetanol adalah menghasilkan etanol dengan kemurnian tinggi (Ngema, 2010). Pengolahan bioetanol menjadi etanol melalui proses fermentasi dan destilasi, umumnya hanya memperoleh etanol dengan kadar 35-40% (Razmovski & Vucurovic, 2012). Pemisahan etanol dengan kemurnian tinggi sulit dilakukan karena masih adanya air dalam bioetanol tersebut. Sementara itu, Pemisahan etanol dari air sulit dilakukan karena adanya azeotrop dalam campurannya (Ngema, 2010), dimana komposisi fasa cair dan fasa uap sama sehingga sulit dipisahkan dengan destilasi biasa (Kosaric *et al.*, 1993; Seader dan Kurtyka, 1984). Oleh karena itu, diperlukan metode lain untuk memisahkan campuran zat cair yang homogen (etanol dan air), salah satunya yaitu dengan

pembentukan atau penambahan fasa lain dalam sistem (Smith, 1995). Penambahan fasa atau sistem salah satunya dapat dilakukan dengan penambahan zat elektrolit berupa garam padat untuk mengeliminasi azeotrop (Ngema, 2010). Penambahan zat elektrolit ini merupakan salah satu penerapan dari sifat koligatif larutan.

Koligatif larutan adalah sifat fisika dari larutan yang dipengaruhi oleh jumlah partikel yang terlarut. Penambahan suatu zat terlarut (zat aditif) akan menurunkan tekanan uap larutan. Ketika zat terlarut yang ditambahkan menurunkan tekanan uap larutan, maka juga akan mempengaruhi titik didihnya. Panas yang lebih tinggi harus ditambahkan untuk mencapai tekanan uap larutan menjadi sama dengan tekanan uap atmosfer (Atkins, 1996). Fenomena tersebut, bisa menjadi sifat fisis yang menguntungkan dalam pemisahan solut-solven melalui suatu proses destilasi.

Zat elektrolit yang biasa digunakan didalam industri penghasil etanol adalah NaOH. NaOH banyak digunakan dalam bidang industri bioetanol karena merupakan larutan elektrolit yang mudah larut dan terionkan dalam pelarut polar. Akan tetapi penambahan NaOH mencemari lingkungan, hal ini dikarenakan ion Na^+ dapat menggantikan Ca^{2+} atau Mg^{2+} (unsur hara tanah) sehingga menyebabkan rusaknya struktur dan pori-pori tanah, menurunkan siklus atau pergerakan molekul-molekul air dan udara dalam tanah, menurunkan transfer nutrient dalam tanah serta menyebabkan pH tanah menjadi lebih tinggi sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman (Halliwell *et al.*, 2001; Laurenson *et al.*, 2012).

Pemilihan KOH sebagai zat elektrolit pengganti NaOH didasarkan pada kemiripan sifat KOH dengan NaOH. NaOH dan KOH memiliki sifat higroskopis (menyerap uap air). NaOH dan KOH juga sama-sama memiliki kelarutan yang tinggi dalam air. Pada suhu 25°C , kelarutan NaOH dalam air yaitu 1110 g/L dan kelarutan KOH dalam air yaitu 1100 g/L. NaOH dan KOH juga memiliki sifat mudah terionkan menjadi ion-ionnya (Heaton, 1996). Selain itu, kalium adalah salah satu unsur hara makro utama yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Tingginya konsentrasi K^+ dan rendahnya konsentrasi Na^+ dalam tanah akan menurunkan tingkat stres tanaman akibat efek terlarutnya ion garam dalam tanah (Zhu, 2003). Oleh karena itu, penggantian NaOH dengan KOH diharapkan akan menghasilkan limbah yang bersifat ramah lingkungan dan dapat bermanfaat untuk lingkungan.

Studi kemampuan KOH untuk menggantikan soda api (NaOH) dilakukan melalui perbandingan beberapa parameter termodinamika campuran biner, sifat koligatif, serta studi karakter kurva destilasinya terutama pada keberadaan titik azeotropnya.

METODE PENELITIAN

Campuran etanol-air dibuat dalam berbagai variasi fraksi berat, dengan menggunakan rumus persamaan (1) :

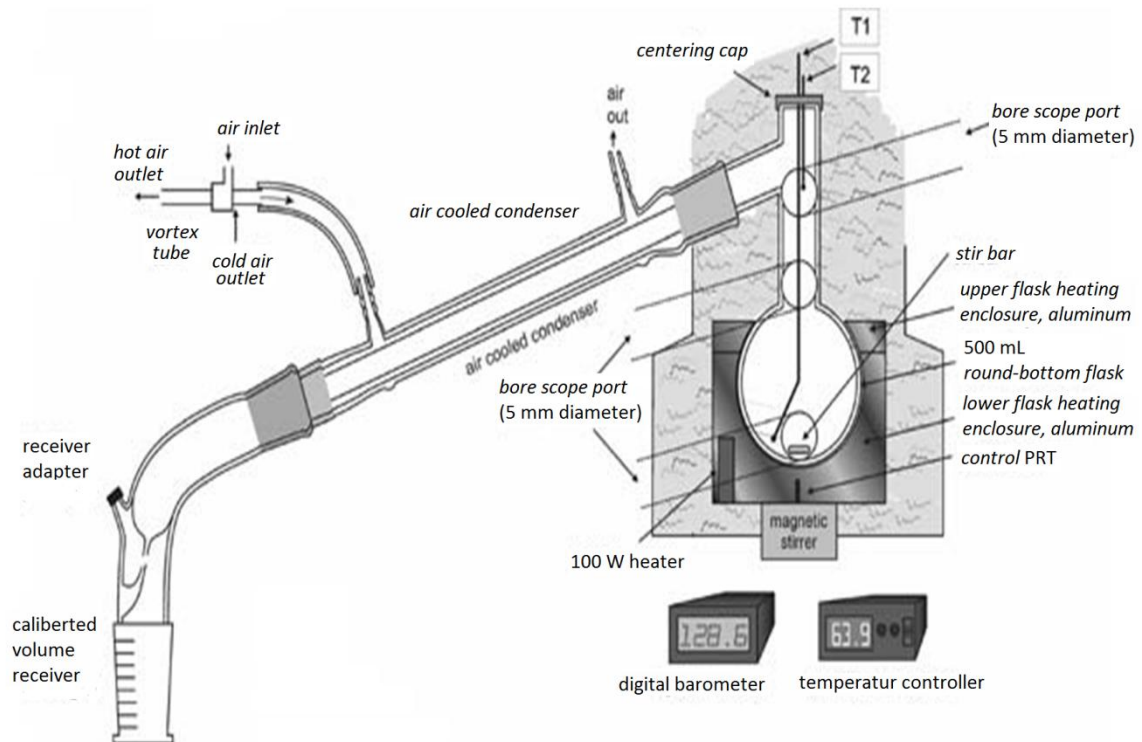
$$\rho : m/v \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : ρ : Densitas (g/cm^3)

V : Volume (cm^3)

m : Massa (g)

Densitas dan massa masing-masing larutan (etanol dan air), dapat diketahui jumlah etanol/air yang dibutuhkan untuk memperoleh % fraksi berat yang diinginkan.



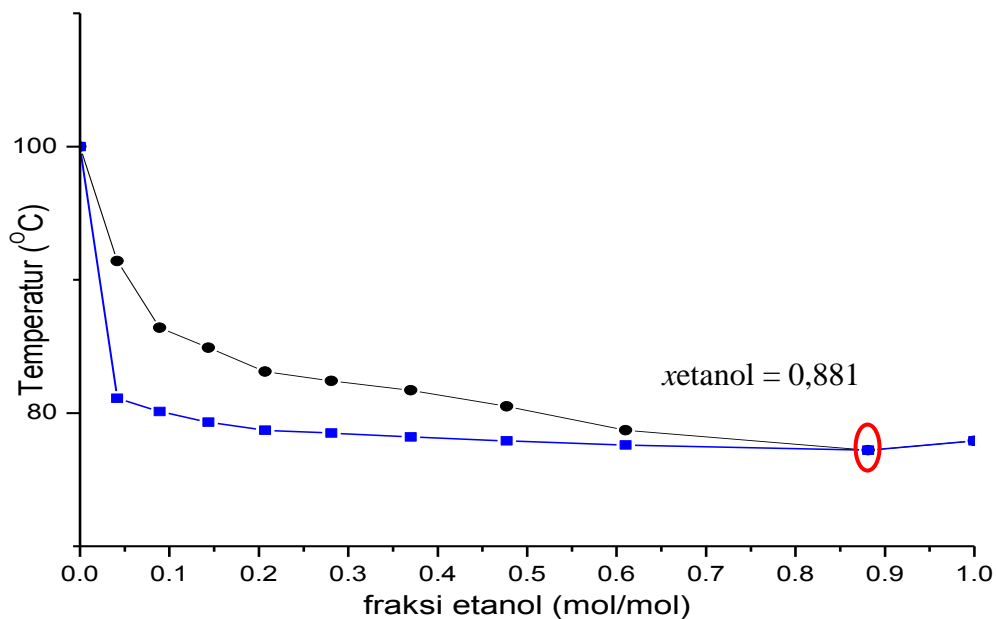
Gambar 1. Setting alat destilasi sederhana untuk destilasi campuran air-etanol mengacu pada Smith & Bruno (2006).

Destilasi dilakukan pada campuran etanol (pro analisis, Merck, 99,9 %) –air (akuades, produksi sub lab kimia, lab Terpadu UNS), dengan berbagai variasi fraksi berat (% massa) etanol yaitu 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100, dengan menggunakan metode destilasi sederhana (pyrex glass) seperti tercantum pada Gambar 1. Penimbangan etanol dan air dilakukan dengan menggunakan neraca analitik (OHAUS PA413, maks: 110 gram, min 0,001 gram). Suhu titik didih (*bubble point temperature/T_k*) ditentukan berdasarkan mulai timbulnya gelembung yang menandakan mulai terjadi perubahan dari fasa cair ke fasa gas. Sedangkan titik embun campuran (*dew point temperature/T_h*) merupakan suhu pada saat destilat menetes pertama kali. Pengaturan suhu destilasi

dilakukan dengan menggunakan termokontrol (*home made*), sedangkan pengukuran suhu dengan termometer (futura maks: 220°C min: 0°C). Proses destilasi dilakukan pada variasi berat campuran air-etanol tanpa elektrolit, campuran air-etanol dengan penambahan NaOH (pro analisis, Riedel-de Haën) sebanyak 0,1 mol per berat total campuran, serta pada campuran air-etanol dengan penambahan KOH (pro analisis, Riedel-de Haën) sebanyak 0,1 mol per berat total campuran.

PEMBAHASAN

Data kesetimbangan uap-cair (*Vapor Liquid Equilibrium, VLE*) pada sistem etanol-air dapat digunakan untuk memverifikasi dan menguji teknik eksperimental data VLE T_k, T_h-x dibandingkan dengan $T-x,y$. Kurva kesetimbangan T_k, T_h-x didasarkan pengukuran suhu masing-masing fraksi mol pada konektor (suhu perubahan uap menjadi cair/ T_h) dan pengukuran suhu pada labu atau *flask* (suhu campuran etanol-air/ T_k). Diagram kesetimbangan uap-cair sistem etanol-air ditunjukkan pada Gambar 2.

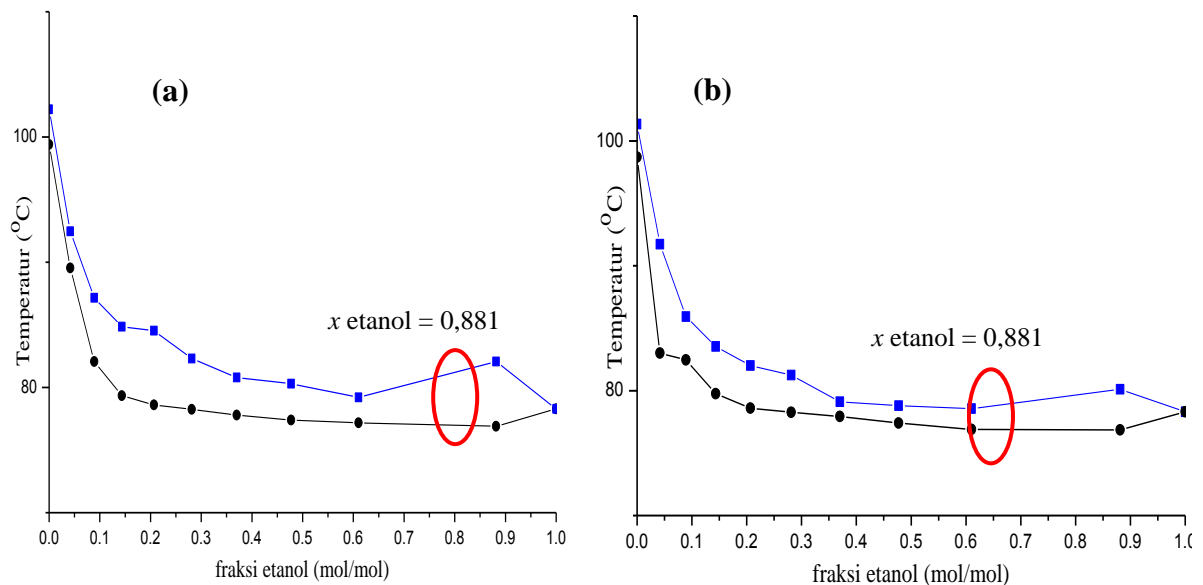


Gambar 2. Diagram T_h-T_k-x untuk sistem etanol-air tanpa zat elektrolit pada tekanan 1 atm. (■) = T_h ; (●) = T_k , Titik yang dilingkari merupakan titik azeotrop.

Gambar 2 merupakan diagram T_h-T_k-x untuk sistem etanol-air tanpa zat elektrolit, dimanapada fraksi etanol 0,881 suhu T_k dan T_h memiliki nilai yang hampir sama (berimpit). Hal ini menunjukkan bahwa suhu antara fase cair dan fase uap sama, sehingga pada komposisi ini sulit untuk memisahkan antara etanol air, atau biasa disebut dengan titik azeotrop, yang berada pada komposisi 95 % berat etanol atau pada fraksi mol etanol 0,881. Sedangkan peneliti lain mendapat titik azeotrop sistem biner air-etanol pada 95,63 % berat

etanol atau pada fraksi mol etanol 0,89 dalam rentang 0-1 fraksi mol pada tekanan atmosfer (Huang *et al.*,2008). Hal ini menunjukkan bahwa metode diagram T_h-T_k-x dari metode destilasi sederhana yang dilakukan pada penelitian ini dapat digunakan untuk menentukan letak titik azeotrop pada sistem campuran biner.

Penambahan elektrolit NaOH dan KOH pada sistem campuran biner air-etanol, terbukti merubah kurva destilasi seperti tercantum pada Gambar 3. Kurva destilasi sistem air-etanol-NaOH (Gambar 3(a)) dan sistem air-etanol-KOH (Gambar 3(b)) menunjukkan pemisahan titik T_k dan T_h , atau eliminasi titik azeotrop telah berhasil dilakukan.

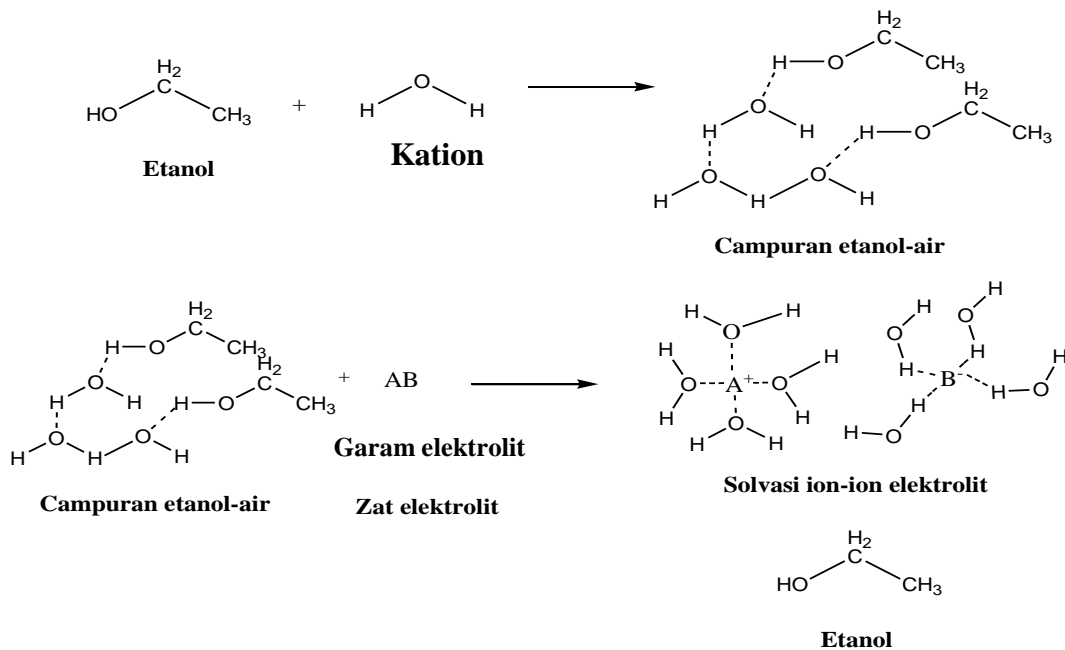


Gambar 3. Diagram T_h-T_k-x sistem etanol-air-zat elektrolit pada tekanan 1 atm. (a) Diagram T_h-T_k-x sistem etanol-air-KOH. (b) Diagram T_h-T_k-x sistem etanol-air-NaOH. (■) = T_h ; (●) = T_k .

Tanda lingkaran merah pada Gambar 3 menunjukkan hilangnya titik azeotrop pada sistem etanol-air karena penambahan zat elektrolit KOH maupun NaOH. Penambahan zat elektrolit NaOH dan KOH akan mengurangi interaksi ikatan hidrogen antara molekul etanol dan air yaitu dengan melemahkan gaya tarik dipol-dipol antara molekul etanol-air (Lei *et al.*, 2014). Semakin lemahnya gaya tarik dipol-dipol antara etanol-air maka energi yang dibutuhkan untuk memisahkan molekul etanol dan molekul air semakin kecil pula, sehingga etanol akan lebih mudah terpisah dari air. Hal ini disebabkan karena zat elektrolit KOH dan NaOH merupakan molekul padatan, dimana masing-masing atom penyusunnya saling berikatan dengan pembentukan ikatan intermolekular yang lemah. Apabila KOH dan NaOH ditambahkan pada campuran etanol-air, molekul KOH dan NaOH mengalami disosiasi dan molekul-molekul air akan membentuk interaksi dengan kation dan anion dari

zat elektrolit (NaOH/KOH) dalam proses *solvasi* (Gambar 4) sehingga mengurangi ikatan hidrogen yang dapat terbentuk antara etanol-air.

Sementara itu, penambahan zat elektrolit juga akan menurunkan tekanan uap air, sehingga air mengalami kenaikan titik didih akibat adanya sifat koligatif larutan. Adapun etanol akan menguap pada titik didih yang sama seperti sebelum ditambah zat elektrolit. Kenaikan titik didih air dan tidak berubahnya titik didih etanol setelah penambahan zat elektrolit akan menyebabkan terganggunya titik azeotrop pada kurva kesetimbangan uap-cair campuran etanol-air (Atkins, 1996).



Gambar 4. Ilustrasi mekanisme reaksi dari (a) campuran etanol-air (b) campuran etanol-air zat elektrolit (KOH dan NaOH); A: kation zat elektrolit; B: anion zat elektrolit.

Fenomena kenaikan titik didih karena penambahan *solute* dikenal sebagai sifat koligatif larutan. Sifat koligatif larutan mengikuti persamaan (2) (Castellan, 2008; Atkins, 2008).

$$\Delta T_b = k_b \cdot m \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan : ΔT_b : Kenaikan titik didih

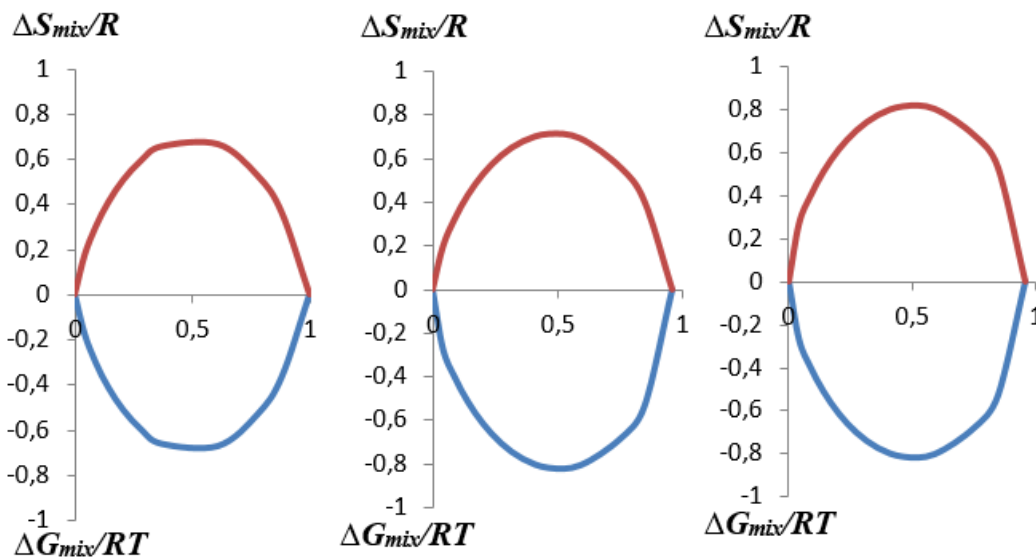
k_b : Tetapan kenaikan titik didih

m : molalitas larutan

Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa sistem etanol-air memiliki nilai energi entalpi pencampuran, ΔH_{mix} , sebesar 239,601 kJ/mol. Nilai tersebut hampir sama dengan nilai entalpi pencampuran sistem etanol-air yang diperoleh Bosnjacovic (1935) yaitu sebesar 240,582 kJ/mol. Nilai positif menunjukkan bahwa pencampuran merupakan perubahan endotermik. Penambahan 0,1 mol NaOH menyebabkan kenaikan entalpi

pencampuran menjadi 258,024kJ/mol , dan menjadi 261,375kJ/mol setelah ditambahkan 0,1 mol KOH. Hal tersebut terjadi karena penambahan garam elektrolit dalam suatu campuran akan menaikkan titik didih salah satu komponen (Zhigang *et al.*,2005), dalam hal ini adalah komponen air, karena elektrolit yang ditambahkan memiliki kelarutan tinggi dalam air.

Analisis perubahan entropi, ΔS_{mix} , dan perubahan energi bebas Gibbs, ΔG_{mix} , dengan menggunakan kurva dari persamaan $\Delta G_{mix}/RT$ dan $\Delta S_{mix}/R$, seperti tercantum pada Gambar 5, sedangkan nilai ΔG_{mix} dan ΔS_{mix} tercantum pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Gambar 5. Grafik fungsi Gibbs dan Entropi Pencampuran (a) Etanol-Air (b) Etanol-Air-NaOH (c) Etanol-Air-KOH; (—) $\Delta S_{mix}/R$; (—) $\Delta G_{mix}/RT$.

Tabel 1. Nilai energi bebas Gibbs pencampuran (ΔG_{mix}).

m_{et}	m_{air}	ΔG_{mix} etanol-air	ΔG_{mix} etanol-air-NaOH	ΔG_{mix} etanol-air-KOH
95	5	-901,933	-1327,542	-1316,262
90	10	-1309,061	-1698,009	-1687,459
80	20	-1656,683	-1999,679	-1990,338
60	40	-1632,429	-2029,029	-2020,649
50	50	-1471,999	-1926,448	-1918,850
40	60	-1263,105	-1750,633	-1743,683
30	70	-1019,460	-1529,466	-1523,062
20	80	-744,439	-1275,748	-1269,810
10	90	-429,128	-992,381	-986,846

Harga energi bebas Gibbs pencampuran campuran etanol-air dan campuran etanol-air-zat elektrolit pada suhu 25°C bernilai negatif ($\Delta G_{mix} < 0$), hal ini menandakan proses pencampuran berlangsung secara spontan, meskipun proses pencampuran bersifat endotermik, ΔH_{mix} bernilai positif. Nilai perubahan entropi, ΔS_{mix} cukup besar untuk mengindikasikan spontanitas perubahan.

Selain nilai ΔS_{mix} dan ΔG_{mix} yang mengindikasikan spontanitas pencampuran, bentuk kurva dari persamaan $\Delta G_{mix}/RT$ dan $\Delta S_{mix}/R$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 juga menunjukkan bahwa campuran benar-benar bercampur (*completely miscible mixture*) (Conte, 2010). Sementara itu, grafik fungsi perubahan energi bebas Gibbs dan perubahan entropi pencampuran, $\Delta G_{mix}/RT$ dan $\Delta S_{mix}/R$ pada Gambar 5 menunjukkan nilai maksimal pada 60-80 % berat etanol atau 0,369-0,610 fraksi mol etanol. Hal ini menunjukkan adanya nilai penyimpangan dari ideal walaupun hanya kecil, dimana pada larutan ideal akan memiliki nilai maksimal pada 0,5 fraksi mol etanol (Castellan, 1983; Atkins, 1996; Triyono, 2006).

Tabel 2. Nilai entropi pencampuran (ΔS_{mix}).

m et	m air	ΔS_{mix} etanol-air	ΔS_{mix} etanol-air-NaOH	ΔS_{mix} etanol-air-KOH
95	5	3,027	4,455	4,417
90	10	4,393	5,698	5,663
80	20	5,559	6,710	6,679
60	40	5,478	6,809	6,781
50	50	4,940	6,465	6,439
40	60	4,239	5,875	5,851
30	70	3,421	5,132	5,111
20	80	2,498	4,281	4,261
10	90	1,440	3,330	3,312

Sementara itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran air-etanol memiliki nilai entalpi penguapan pencampuran, ΔH_{vap} , sebesar 76,229 kJ/mol pada tekanan 1 atm (setara dengan 1,03323 kg/cm²). Sedangkan berdasarkan referensi nilai entalpi penguapan air-etanol diketahui sebesar 83,713 kJ/mol (pada tekanan 1 kg/cm²) (Bosnjacovic, 1935). Perbedaan harga ΔH_{mix} kemungkinan perbedaan tekanan pada proses destilasi. Nilai positif dari ΔH_{vap} mengindikasikan bahwa perubahan fasa air menjadi fasa gas dari campuran biner air-etanol merupakan proses endotermik. Penambahan 0,1 mol NaOH ke dalam

sistem biner air-etanol diketahui meningkatkan nilai ΔH_{vap} menjadi 235,366kJ/mol. Sedangkan penambahan 0,1 mol KOH meningkatkan ΔH_{vap} menjadi 126,189kJ/mol. Diketahui bahwa kelarutan garam elektrolit lebih besar di dalam air daripada di dalam etanol. Kelarutan suatu garam diketahui mengubah sifat koligatif sistem larutan, yaitu kenaikan titik didih. Sehingga sistem biner air-etanol dengan komponen terbesar adalah air membutuhkan suhu lebih tinggi untuk menguap. Hal ini menyebabkan molekul-molekul etanol lebih mudah terlepas, karena perbedaan titik didih etanol murni dengan titik didih campuran semakin besar, dan menghasilkan destilat etanol yang lebih murni.

Berdasarkan nilai parameter-parameter termodinamika dan karakter kurva destilasi yang dihasilkan dari sistem air-etanol-NaOH dan air-etanol-KOH, diketahui bahwa kedua jenis garam elektrolit tersebut memiliki pengaruh yang sama terhadap perubahan parameter-parameter termodinamika dan titik azeotrop campuran biner air-etanol. Sehingga, garam KOH dapat digunakan sebagai pengganti soda api, NaOH, pada proses destilasi etanol dari campuran air-etanol.

KESIMPULAN

Penambahan zat elektrolit NaOH dan KOH pada campuran etanol – air dapat menghilangkan sifat azeotrop pada sistem etanol-air. Penambahan zat elektrolit ke dalam campuran etanol-air menaikkan nilai entalpi penguapan, ΔH_{vap} , sehingga memperbesar perbedaan titik didih campuran dengan titik didih etanol murni, dan mempermudah molekul-molekul etanol untuk menguap menjadi destilat dengan kemurnian lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, P.W., 1996. *Kimia Fisika* (terjemahan). Jilid 1, edisi ke-4. Erlangga. Jakarta.
- Bošnjaković, F., 1935. *Technische thermodynamic*.vol I. edisi ke-1. Dresden; Leipzig: T. Steinkopff. Australia
- Castellan, G.W., 1983. *Physical Chemistry*. edisi ke-3. The Benjamin/Cummings Publishing Company. Inc. California.
- Conte, E., 2010. *Innovation in Integrated Chemical Product- Process Design – Development through a Model- based System Approach*. Tesis. Department of Chemical and Biochemical Engineering. Technical University of Denmark.
- Halliwell, D.J., Barlow, K.M. dan Nash, D.M., 2001. A Review of the Effect of Wastewater Sodium on Soil Physical Properties and their implications for Irrigation System. *Australian Journal of Soil Research* 39,1259-1267.

- Huang, H.J., Ramaswamy, S., Tshirner, U.W. dan Ramardo, B.V., 2008. A review of separation technologies in current and future biorefiners. *Separation and purification Technology* 62 (1). 1 – 21.
- Kosaric, N., Duvnjak, Z., Farkas, A., Sahn, H., Bringer, M.S., Goebel, O. dan Mayer, D., 1993. Ethanol *dalam* “Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. *Verlag-Chemie A9*, 587-653.
- Laurenson, S., Bolan, N.S., Smith, E. dan Mccarthy, M., 2012. Review: Use of Recycled Wastewater for Irrigating Grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 18, 1-10.
- Lei, Z., Xiaomin, X., Chengna, D., Jiqin, Z. dan Biaohua, C., 2014. Extractive Distillation with the Mixture of Ionic Liquid and Solid Inorganic Salt as Entrainer. *AlChe Journal* 60, 2994-3002.
- Ngema, P.T., 2010. *Seperation Processes for High Purity Ethanol Production*. Research project submitted in fulfillment of the academic requirements for the Master’s Degree in Technology. Department of Chemical Engineering, Durban University of Technology.
- Smith, B.L. dan Bruno, T.J., 2006. Improvements in Measurement of Distillation Curve. 3. Application to Gasoline and Gasoline+Methanol Mixtures. *Industrial and Engineering Chemistry* 46, 297-309.
- Triyono, 2006. *Kimia Fisika II: Kesetimbangan Kimia*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Zhigang, L., Biaohua, C. dan Zhongwei, D., 2005. *Special distillation process*. British Library. ELSEVIER Inc.
- Zhu, J.K., 2003. Regulation of Ion Homeostasis Under Salt Stress. *Current Opinion in Plant Biology* 6, 441-445.