

SUHU DIDIH DAN FAKTOR ELEKTROLISIS PADA LARUTAN GARAM PEKAT

Setiyadi^{1*}

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Jalan Kalijudan 37, Surabaya

*E-mail : Setiyadi@ukwms.ac.id

ABSTRAK

Dalam persamaan kenaikan titik didih larutan terdapat persamaan kenaikan titik didih yang hanya bisa digunakan untuk perhitungan pada larutan encer. Sehubungan hal tersebut perlu melakukan penelitian guna mendapatkan persamaan suhu didih pada larutan pekat agar persamaan suhu didih bisa lebih tepat bila digunakan dalam perhitungan. Pembatasan masalah yang dipakai adalah pelarut yang digunakan hanya air murni serta persamaan suhu didih hanya berlaku untuk larutan garam anorganik elektrolit. Percobaan yang dilakukan adalah dengan membuat larutan yang terbuat dari garam NaCl yang dimasukkan kedalam air. Campuran dipanaskan sampai mendidih lalu suhu didihnya diukur. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan fraksimol garam NaCl serta jenis garam selain NaCl yaitu CaCl_2 , AlCl_3 dan Na_3PO_4 . Hasil penelitian yang diperoleh adalah bahwa harga suhu didih dan faktor elektrolisis dipengaruhi oleh garam yang berupa gabungan basa kuat/lemah dengan asam kuat/lemah serta besar kecilnya fraksi mol atau fraksi massa garam dalam larutan. Untuk garam yang terbentuk dari asam kuat dengan basa kuat cenderung mempunyai suhu didih yang besar yaitu pada fraksimassa 0,1 suhu didih untuk larutan NaCl $104,1^\circ\text{C}$, untuk CaCl_2 $107,2^\circ\text{C}$, untuk AlCl_3 $101,8^\circ\text{C}$ serta pada Na_3PO_4 $101,5^\circ\text{C}$. Harga faktor elektrolisis untuk NaCl antara 0,988-0,999, untuk CaCl_2 0,968-0,998, untuk AlCl_3 0,917-0,978, serta untuk Na_3PO_4 antara 0,886-0,973.

Kata Kunci: Suhu didih, Faktor elektrolisis, jenis garam.

1. PENDAHULUAN

Dalam persamaan suhu didih terdapat persamaan kenaikan titik didih yang hanya bisa digunakan untuk perhitungan pada larutan encer dan hanya mampu untuk menentukan kenaikan titik didih larutan kurang dari 1°C , sedang pada larutan pekat kenaikan titik didihnya cukup besar sehingga belum sesuai bila dipakai untuk larutan pekat. Selain itu pada penelitian yang sudah ada tentang suhu didih hanya berlaku untuk kasus tertentu saja. Sehubungan dengan belum adanya persamaan secara umum guna menentukan suhu didih pada larutan pekat maka perlu melakukan penelitian guna mendapatkan persamaan suhu didih pada larutan pekat agar persamaan suhu didih bisa lebih tepat bila digunakan dalam perhitungan.

Di industri kimia, pada umumnya suhu didih sangat penting dipelajari dan dipahami karena dalam menjalankan prosesnya industri banyak memerlukan energi, sehingga suhu didih juga sangat berkaitan erat dengan pemakaian bahan bakar. Sehingga dengan mengetahui suhu didih suatu cairan maka waktu yang diperlukan serta kecepatan penguapan cairan lebih mudah untuk diperkirakan. Selain itu banyak kegiatan industri kimia yang menerapkan suhu didih dalam menentukan kebutuhan bahan bakar. Oleh karena itu penting untuk meningkatkan pemahaman suhu didih karena bisa diterapkan di dunia industri.

Sifat koligatif yang melibatkan larutan encer, sifat koligatif tidak bergantung pada interaksi antara molekul pelarut dan zat terlarut, tetapi bergantung pada jumlah zat terlarut yang larut pada suatu larutan. Pada konsentrasi yang sama jumlah partikel dalam larutan non elektrolit tidak sama dengan jumlah partikel dalam larutan elektrolit, hal ini dikarenakan larutan elektrolit dapat terurai menjadi ion-ionnya sedang larutan non elektrolit tidak dapat terurai menjadi ion-ion (Arjmand, 2018).

Partikel (atom, ion, molekul) dari zat tergantung pada kekuatan tarik dan tolak. Gaya antar molekul disebabkan oleh daya tarik atau tolak dari muatan listrik antar molekul. Molekul dalam cairan masih bisa melewati molekul lain. Susunan molekul ini menentukan sifat fisik cairan seperti titik didih, titik beku, dan tegangan permukaan. Perilaku ini berpengaruh pada temperatur maupun tekanan serta kontak dengan zat lain, sehingga akan berpengaruh pula terhadap kenaikan titik didih. (Lewandowski A., 2010)

2. METODE

2.1 Landasan teori

Daya larut suatu zat padat dalam cairan dipengaruhi oleh jenis zat pelarut, jenis zat terlarut, dan tekanan uapnya. Zat-zat dengan struktur kimia mirip akan mempunyai kelarutan yang hampir sama dalam pelarut yang

sama. Larutan mempunyai tekanan uap lebih rendah dari pada pelarut murninya Penurunan tekanan uap berpengaruh terhadap suhu didih. Dengan tanpa membedakan antara larutan elektrolit maupun non elektrolit maka hal ini mengikuti persamaan Clausius-Clapeyron sebagai berikut

$$\frac{dLnP}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2}$$

$$dLnP = \frac{\Delta H}{RT^2} \cdot dT \quad (1)$$

Dengan :

- d : diferensial
- Ln : logaritmik
- T : suhu didih
- P : tekanan
- ΔH : panas laten penguapan
- R : konstanta gas ideal = 8,314 J/mol K

Menurut Watson (Smith, 2018) harga panas laten penguapan dipengaruhi oleh suhu didih dan suhu kritis pelarut sehingga panas laten penguapan (ΔH) dapat didekati dengan persamaan

$$\Delta H = a \cdot \left(1 - \frac{T}{T_c}\right) \quad (2)$$

Dengan :

- T : suhu didih
- T_c : suhu kritis pelarut
- a : parameter

Substitusi persamaan (2) ke persamaan (1)

$$dLnP = \frac{a\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)}{RT^2} \cdot dT$$

$$dLnP = \frac{a}{RT^2} \cdot dT - \frac{a}{RTT_c} \cdot dT \quad (3)$$

$$\int_{P_o}^P dLnP = \int_{T_o}^T \frac{a}{RT^2} \cdot dT - \int_{T_o}^T \frac{a}{RTT_c} \cdot dT$$

$$Ln \frac{P}{P_o} = -\frac{a}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}\right) - \frac{a}{RT_c} (LnT - LnT_o) \quad (4)$$

Untuk tekanan uap dalam larutan (Sukardjo, 2013).

$$P = X_2 \cdot P_o$$

$$\frac{P}{P_o} = X_2 = 1 - X_1$$

$$Ln \frac{P}{P_o} = Ln(1 - X_1) \quad (5)$$

Dengan

- P : tekanan uap larutan
- P_o : Trekanan murni uap pelarut
- X_1 : fraksimol garam terlarut
- X_2 : fraksimol pelarut

Substitusi persamaan (5) ke persamaan (4)

$$Ln(1 - X_1) = -\frac{a}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}\right) - \frac{a}{RT_c} (LnT - LnT_o)$$

$$\frac{a}{R} \frac{1}{T} + \frac{a}{RT_c} LnT = \frac{a}{R T_o} + \frac{a}{RT_c} LnT_o - Ln(1 - X_1)$$

$$\frac{1}{T} + \frac{LnT}{T_c} = \frac{1}{T_o} + \frac{LnT_o}{T_c} - \frac{R}{a} Ln(1 - X_1) \quad (6)$$

Untuk larutan elektrolit ada faktor koreksi (j) karena larutan elektrolit dapat terurai menjadi ion-ion yang berpengaruh terhadap suhu didih, sehingga disini dikatakan bahwa $j = \text{faktor elektrolisis larutan elektrolit}$ sehingga persamaan (6) menjadi

$$\frac{1}{T} + \frac{\ln T}{T_c} = \left(\frac{1}{T_o} + \frac{\ln T_o}{T_c} - \frac{R}{a} \ln(1 - X_1) \right) \cdot j \quad (7)$$

2.2 Pembatasan Masalah

Pelarut yang digunakan hanya air murni, suhu didih larutan diukur pada tekanan udara luar yang juga dianggap pada tekanan 1 atm serta persamaan suhu didih yang dihasilkan hanya berlaku untuk larutan garam anorganik yang elektrolit

2.3 Rancangan Penelitian

Sebanyak 100 mililiter air ditampung dalam wadah berbentuk silinder kemudian ditambahkan garam NaCl lalu dipanaskan serta diaduk sampai mendidih. Larutan yang telah mendidih diukur suhunya. Suhu didih dan harga konsentrasi NaCl dalam larutan mendidih tersebut digunakan untuk menghitung harga j dengan menggunakan persamaan (7). Percobaan diulangi lagi untuk konsentrasi NaCl yang berbeda-beda sehingga juga mendapatkan berbagai harga j . Percobaan dilakukan dengan menggunakan garam anorganik yang berbeda-beda dan mempunyai kekuatan elektrolisis yang tidak sama.

2.4 Variabel, Bahan dan Alat

Variabel tetap adalah pelarut yang berupa air murni dan tekanan udara sebesar 1 atm yang dipakai sebagai pengukuran suhu didih. R adalah konstanta gas ideal dengan harga $R = 8,314 \text{ J/mol K}$. Parameter a diperoleh dengan cara mencari suhu kritis air (T_c) serta panas laten penguapan air (ΔH) pada suhu didih normal. Untuk air $T_c = 647 \text{ K}$, Panas laten air pada suhu $373 \text{ K} = 2257 \text{ J/g}$ (Smith, 2018) sehingga dari persamaan (2).

$$\Delta H = a \cdot \left(1 - \frac{T}{T_c} \right)$$

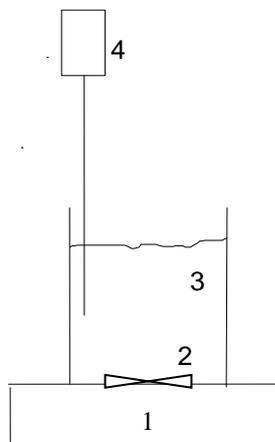
$$2257 = a \cdot \left(1 - \frac{373}{647} \right)$$

$$a = 5330 \text{ J/g}$$

Variabel berubah yang digunakan adalah jenis larutan garam dan fraksi larutan garam. Garam yang dipakai mempunyai kekuatan elektrolisis yang tidak sama yaitu mulai garam kuat sampai garam lemah. Fraksimol yang digunakan adalah 0,005 sampai 0,035 Bahan garam yang digunakan adalah NaCl, CaCl₂, AlCl₃, serta Na₃PO₄. Alat yang dipakai adalah beker glass, hot plate, serta thermometer.

2.5 Metode Percobaan

Sebanyak 100 mililiter air murni dimasukkan kedalam gelas piala berukuran 200 mililiter. Garam NaCl dimasukkan kedalam air yang membentuk larutan garam NaCl 0,25 molal. Campuran dipanaskan sambil diaduk sampai mendidih, lalu cairan yang mendidih diukur suhu didihnya dengan termometer. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan fraksimol serta jenis garam yang digunakan.



Keterangan alat:

1. Hot Plate
2. Stirrer
3. Beker glass
4. Termometer digital

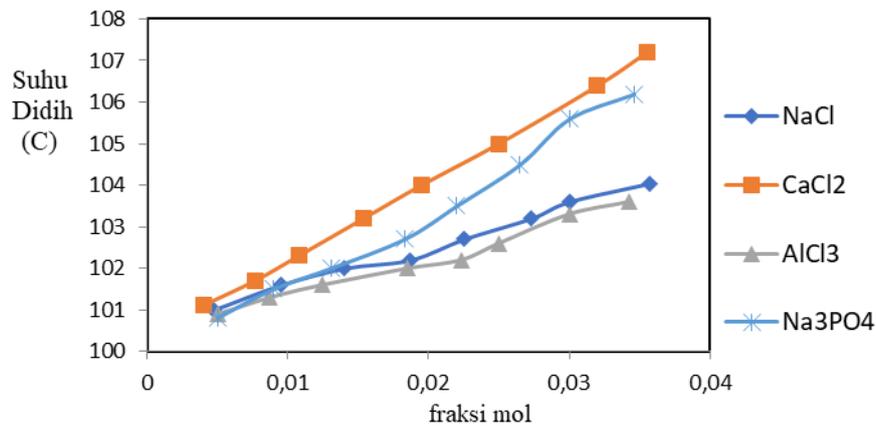
Gambar 1. Rangkaian Alat Percobaan

2.6 Analisa Data

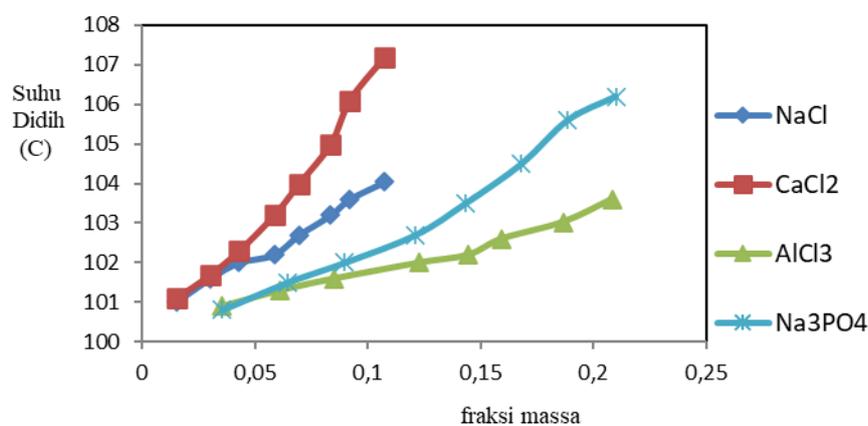
Perhitungan dimulai dengan menentukan harga R dan a yang diperoleh dari literatur. Selanjutnya mengukur suhu didih air murni (T_0) serta suhu didih larutan garam (T) pada fraksimol tertentu (X). Harga R , a , T_0 , T , dan X dimasukkan ke persamaan (7) guna menghitung harga j . Cara ini dilakukan untuk variasi fraksi mol larutan garam serta jenis garam anorganik yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan meliputi variasi fraksimol atau fraksi massa larutan garam serta jenis garam anorganik yang digunakan, jenis garam yang digunakan adalah garam yang berasal dari gabungan basa kuat dan asam kuat, gabungan basa kuat dan asam lemah, serta gabungan basa lemah dan asam kuat. Hasil percobaan yang diperoleh berupa suhu didih larutan garam pada berbagai fraksi mol atau fraksi massa serta untuk berbagai jenis garam anorganik. Kemudian suhu didih larutan garam ini dipakai untuk mencari harga factor elektrolisis (j) dengan menggunakan persamaan (7). Hasil yang diperoleh berupa hubungan antara fraksi garam dan jenis garam dengan suhu didih yang disajikan pada gambar 1 dan 2, serta hubungan antara fraksi garam dan jenis garam dengan faktor elektrolisis (j) yang disajikan pada gambar 3 dan 4.



Gambar 1. Hubungan antara fraksi mol terhadap Suhu didih ($^{\circ}\text{C}$)



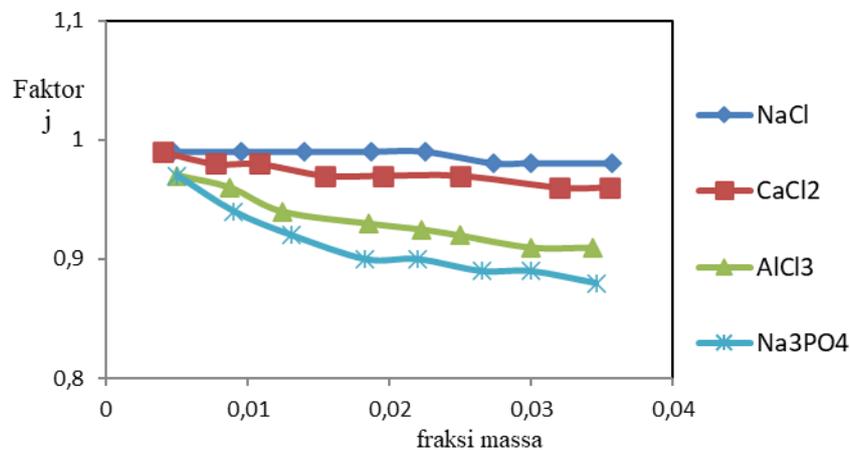
Gambar 2. Hubungan antara fraksi massa terhadap suhu didih

3.1 Pengaruhnya Terhadap Suhu Didih Larutan Garam

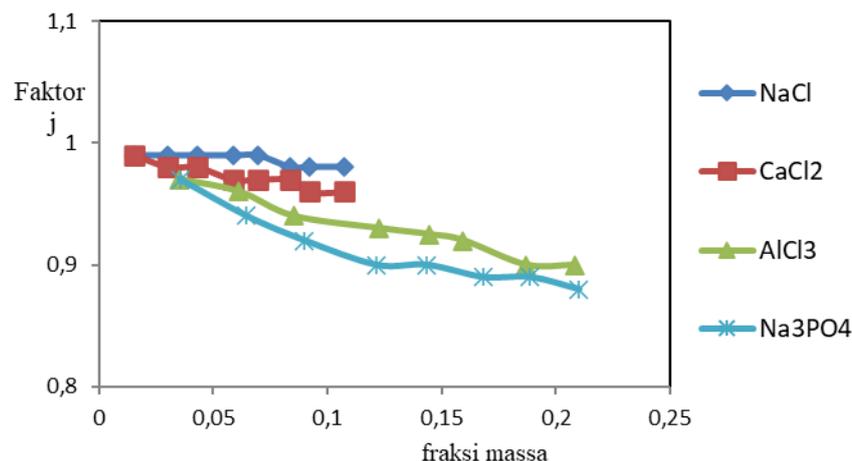
Penentuan sifat koligatif larutan garam dapat dilakukan dengan menentukan berat jenis atau fraksi larutan garam (Rusdiani, 2017). Pada gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa semakin besar fraksimol atau fraksimassa larutan garam maka semakin tinggi pula suhu didih larutan, hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin besar densitas maka kenaikan suhu didih semakin tinggi (Khikmah, 2015). Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa semakin banyak garam yang ada dalam cairan maka semakin sedikit pelarut atau air yang

ada dalam larutan sehingga tekanan uap air diatas larutan semakin kecil, maka agar tekanan pelarut sama dengan tekanan system membutuhkan suhu yang lebih tinggi akibatnya suhu didih larutan makin tinggi. Untuk jumlah terlarut yang berbeda pada setiap larutan, membutuhkan energi panas yang berbeda pula, yang mempengaruhi titik didih larutan (Putri, 2017).

Grafik tersebut menunjukkan bahwa garam yang merupakan gabungan dari basa kuat dan asam kuat (NaCl dan CaCl₂) menyebabkan suhu lebih tinggi dari pada bahwa garam yang merupakan gabungan dari basa kuat dan asam lemah (Na₃PO₄) maupun garam yang merupakan gabungan dari basa lemah dan asam kuat (AlCl₃). Zat terlarut dalam larutan elektrolit bertambah jumlahnya karena terurai menjadi ion-ion. Sifat koligatif larutan elektrolit lemah lebih rendah dari pada sifat koligatif larutan elektrolit kuat (Chang, 2007). Berarti semakin mudah garam terionisasi maka suhu didih semakin besar. Namun untuk garam yang merupakan gabungan dari basa kuat dan asam kuat (NaCl dan CaCl₂) bahwa kekuatan garam dalam mengionisasi tidak menunjukkan suhu didih yang lebih tinggi hal ini dapat dilihat bahwa suhu larutan garam NaCl lebih rendah dari CaCl₂, berarti valensi ion basa dalam garam lebih berpengaruh daripada kekuatan garam dalam mengion.



Gambar 3. Hubungan antara fraksimol terhadap Faktor j



Gambar 4. Hubungan antara fraksi massa terhadap Faktor j

3.2 Pengaruhnya Terhadap Faktor Elektrolisis Larutan Garam

Sifat koligatif merupakan sifat larutan yang ditentukan oleh jumlah molekul atau ion yang terdapat di dalam larutan. Hubungan antar sifat koligatif dapat dikaji berdasarkan berat jenis larutan atau fraksi massa larutan (Rusdiani, 2017). Zat terlarut dalam larutan elektrolit bertambah jumlahnya karena terurai menjadi ion-ion, sifat koligatif larutan non elektrolit lebih rendah dari pada sifat koligatif larutan elektrolit dan sifat koligatif larutan elektrolit juga tergantung dari banyaknya larutan yang dapat terionisasi (Chang, 2007)

Gambar 3 maupun Gambar 4 menunjukkan bahwa larutan garam NaCl mempunyai faktor elektrolisis yang paling besar, berarti larutan yang mudah terionisasi mempunyai factor elektrolisis yang besar atau garam yang merupakan gabungan dari basa kuat dan asam kuat menyebabkan factor elektrolisis tinggi. Hal ini disebabkan karena NaCl yang merupakan gabungan dari basa kuat dan asam kuat paling mudah membentuk ion positif dan ion negatif serta garam ini lebih mudah mengion dan mudah terionisasi sempurna atau derajat ionisasi mendekati satu. Selain itu garam jenis ini terjadi karena adanya gaya elektrostatis dan adanya kekuatan ion antar molekul yang menyebabkan senyawa mudah ter elektrolisis. Untuk larutan garam Na_3PO_4 maupun larutan garam AlCl_3 merupakan larutan garam yang lebih sukar ter elektrolisis dibanding dengan larutan maupun CaCl_2 sehingga untuk garam yang bukan merupakan gabungan dari basa kuat atau asam kuat factor elektrolisis lebih rendah dan tidak bisa dianggap sama dengan satu

Bila suatu zat terlarut larut dalam zat pelarut, partikel zat terlarut akan menyebar keseluruh pelarut yang mengakibatkan adanya interaksi pelarut-zat terlarut. Akibat adanya interaksi ini, maka terjadi proses pelarutan yang mana yang menentukan adalah energi dan kecenderungan hakiki menuju ketidakteraturan (Rusdiani, 2018). Maka dari itu, pada larutan garam ketika molekul zat terlarut dan molekul pelarut bercampur membentuk larutan, ketidakteraturan akan meningkat. Karena dalam keadaan murni, pelarut dan zat terlarut memiliki derajat keteraturan yang cukup tinggi yang tampak dari cukup teratur susunan atom.

Partikel (atom, ion, molekul) zat tergantung pada kekuatan tarik dan tolak. Gaya antar molekul disebabkan oleh daya tarik atau tolak dari muatan listrik antar molekul. Susunan molekul menentukan sifat fisik cairan seperti titik didih (Lewandowski A., 2010). Pada NaCl ion Na^+ berikatan dengan satu ion Cl^- sedang ion Ca^{2+} berikatan dengan dua ion Cl^- , berarti Na pada molekul NaCl menyebabkan molekul NaCl cenderung lebih mudah bergabung dengan molekul NaCl yang lain atau bisa dikatakan bahwa molekul NaCl mempunyai gaya tarik muatan listrik antar molekul yang lebih tinggi dibanding dengan molekul CaCl_2 , maka bisa dikatakan bahwa larutan elektrolit yang paling mudah mengion yang mempunyai faktor elektrolisis paling tinggi atau mendekati satu.

4. KESIMPULAN

Harga suhu didih dan faktor elektrolisis dipengaruhi oleh basa kuat/lemah dengan asam kuat/lemah yang membentuk garam serta fraksi mol atau fraksi massa garam dalam larutan. Pada faktor elektrolisis untuk garam yang merupakan gabungan dari basa kuat dengan asam kuat mempunyai harga faktor elektrolisis yang mendekati satu.

PUSTAKA

- Arjmand F. and Shafiei F., 2018, Prediction of Normal Boiling Point and Enthalpy of Vaporations of Alcohols and Phenols Using Topological Indices, *Journal of Structural Chemistry*, (59), 748-754
- Chang R., 2007, *Chemistry*, 9th ed. McGraw-Hill Book Company, New York
- Khikmah N., 2015, Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Laju Alir pada Penentuan Kreatinin Dalam Urin Secara Sequential Injection Analysis. *Kimia Student Journal*, (1), 613-615
- Lewandowski A., 2010, Estimation of Phase Diagram for Room Temperature Ionic Liquids, *Journal of Molecular Liquids*, (152), 63-65
- Putri L.M.A., Prihandono P., dan Supriadi B. 2017, Pengaruh Konsentrasi Larutan terhadap Laju Kenaikan Suhu Larutan, *Jurnal Pembelajaran Fisika*, (6), 147-153
- Rusdiani S., Suhendar D., dan Sudiarti T., 2017, Perbandingan Sifat Koligatif Campuran Larutan Garam dengan Air Zamzam berdasarkan Berat Jenisnya, *Al-Kimiya*, (4), 9-16
- Smith J.M., Van Ness H.C., Abbot M.M., and Swihart M.T., 2018, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 8th ed., Mc Graw Hill Education, New York
- Sukardjo, 2013, *Kimia Fisika*, cetakan ke 4, PT Rineka Cipta, Jakarta