

PENGARUH KONSENTRASI ZAT TERLARUT TERHADAP TITIK DIDIH: STUDI TERMODINAMIKA EKSPERIMENTAL

Nur Haryati*, Salwa Mutia Hasna, Salma Hanifah, Kemala Putri Neswari dan Riki

Perdana

Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta

**Email: nur4487fmipa.2024@student.uny.ac.id*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh konsentrasi zat terlarut terhadap titik didih larutan melalui pendekatan eksperimen termodinamika. Air digunakan sebagai pelarut, sedangkan natrium klorida (NaCl) dan sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) digunakan sebagai zat terlarut dengan sifat elektrolit dan non-elektrolit yang berbeda. Prinsip dasar yang digunakan dalam studi ini adalah konsep sifat koligatif larutan, khususnya kenaikan titik didih yang bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dalam pelarut. Eksperimen dilakukan dengan mengamati titik didih berbagai larutan pada konsentrasi yang berbeda, kemudian dianalisis berdasarkan hukum Raoult dan persamaan Clausius-Clapeyron. Hasil menunjukkan adanya kenaikan titik didih seiring meningkatnya konsentrasi zat terlarut, dengan NaCl menunjukkan pengaruh yang lebih signifikan dibandingkan sukrosa akibat disosiasi ioniknya. Temuan ini mengonfirmasi validitas prinsip termodinamika koligatif secara empiris serta memberikan pemahaman praktis terhadap hubungan antara struktur larutan dan karakteristik termalnya. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya integrasi antara pendekatan teoretis dan eksperimental dalam proses pembelajaran fisika.

Kata-kata kunci: Termodinamika, Titik Didih, Sifat Koligatif, Konsentrasi, Jenis Zat Terlarut, Eksperimen Fisika

Abstract

This study aims to examine the effect of solute concentration on the boiling point of a solution through an experimental thermodynamic approach. Water was used as the solvent, while sodium chloride (NaCl) and sucrose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) were selected as solutes representing electrolytic and non-electrolytic properties, respectively. The research is grounded in the principle of colligative properties, particularly boiling point elevation, which depends on the number of solute particles in the solvent. Experiments were conducted by observing the boiling points of solutions with varying concentrations and analyzing the results based on Raoult's Law and the Clausius-Clapeyron equation. The findings reveal a consistent increase in boiling point with higher solute concentration, with NaCl producing a more pronounced effect due to its ionic dissociation. These results empirically confirm the validity of thermodynamic colligative principles and provide practical insights into the relationship between solution structure and thermal characteristics. Furthermore, this study underscores the importance of integrating theoretical and experimental approaches in physics education.

Keywords : *Thermodynamics, Boiling Point, Colligative Properties, Concentration, Solute Type, Physics Experiment*

I. PENDAHULUAN

Fisika merupakan cabang ilmu pengetahuan alam yang memegang peranan sentral dalam menjelaskan berbagai fenomena yang terjadi di alam semesta melalui pendekatan kuantitatif dan analitis. Salah satu cabang penting dalam fisika adalah termodinamika, yang secara khusus mengkaji hubungan antara energi, panas, suhu, dan kerja dalam suatu sistem fisik. Kajian termodinamika tidak hanya mencakup prinsip-prinsip dasar seperti hukum kekekalan energi, melainkan juga menelusuri

bagaimana energi berpindah dan bagaimana sistem mencapai keadaan kesetimbangan termal (Al-Busoul, 2017). Dalam konteks eksperimental, termodinamika memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik zat dan perubahan fasanya, salah satunya melalui pengamatan terhadap titik didih. Titik didih merupakan suhu di mana tekanan uap suatu zat cair setara dengan tekanan lingkungan, dan besarnya dapat mengalami pergeseran akibat kehadiran zat terlarut dalam sistem tersebut. Fenomena ini menjadi dasar bagi berbagai aplikasi praktis, termasuk dalam bidang industri kimia dan rekayasa proses (Anggraeni et al., n.d.).

Pemahaman terhadap konsep titik didih tidak hanya krusial dalam studi termodinamika, tetapi juga memiliki relevansi luas dalam bidang teknik kimia, farmasi, hingga teknologi lingkungan, khususnya dalam proses pemurnian, desalinasi, dan formulasi larutan. Salah satu aspek penting dalam kajian ini adalah fenomena penurunan tekanan uap yang terjadi akibat keberadaan zat terlarut, yang secara langsung memengaruhi nilai titik didih larutan. Fenomena ini dikenal sebagai sifat koligatif larutan, yang mencerminkan bagaimana perubahan kuantitas partikel terlarut dalam pelarut dapat mengubah karakteristik termal sistem secara signifikan (Al-Busoul, 2017). Pendekatan matematis menjadi landasan dalam menjelaskan hubungan antara konsentrasi zat terlarut dan kenaikan titik didih, yang secara teoritis dapat dirumuskan melalui persamaan-persamaan koligatif yang dikembangkan dari hukum Raoult dan prinsip-prinsip energi bebas Gibbs. Dengan memanfaatkan model matematis tersebut, kajian eksperimental menjadi sarana penting untuk memvalidasi teori, mengevaluasi keakuratan model, serta memahami perilaku sistem nyata yang sering kali menunjukkan penyimpangan dari kondisi ideal (Anggraeni et al., n.d.). Oleh karena itu, studi ini tidak hanya bertujuan mengamati pergeseran titik didih secara empiris, tetapi juga mengintegrasikan pendekatan kuantitatif untuk mendalami keterkaitan antara struktur larutan dan perubahan sifat fisiknya.

Lebih lanjut, keterkaitan antara konsentrasi zat terlarut dan perubahan titik didih juga dapat ditelaah melalui pendekatan termodinamika statistik dan model matematis mikroskopik, yang menjelaskan perilaku molekuler sistem secara kuantitatif. Representasi matematis dari perubahan entropi, energi bebas, dan tekanan uap memberikan landasan teoritis yang kuat untuk memahami fenomena makroskopik seperti kenaikan titik didih larutan. Dalam konteks eksperimen, data empiris yang diperoleh tidak hanya berfungsi sebagai bukti fenomenologis, tetapi juga menjadi dasar validasi terhadap persamaan teoritis, seperti rumus $\Delta T_b = K_b \cdot m$, yang merupakan hasil turunan dari prinsip termodinamika (Al-Busoul, 2017). Dengan demikian, eksperimentasi ini menjadi bagian integral dari proses pembelajaran fisika yang berbasis pada integrasi antara teori dan praktik. Melalui pendekatan ini, mahasiswa tidak hanya diajak memahami hubungan kuantitatif antara variabel fisika, tetapi juga dilatih dalam berpikir ilmiah, melakukan analisis data, serta mengevaluasi akurasi hasil dengan mengacu pada hukum-hukum dasar fisika secara sistematis dan kritis.

Fenomena perubahan titik didih akibat adanya zat terlarut dalam pelarut murni merupakan contoh penerapan konsep dasar dalam termodinamika larutan, yang sangat relevan dalam konteks pembelajaran eksperimental. Ketika suatu zat terlarut ditambahkan ke dalam pelarut, seperti air, interaksi antara partikel-partikel zat terlarut dan pelarut mengakibatkan penurunan tekanan uap larutan, sehingga titik didihnya mengalami kenaikan. Peristiwa ini dikenal sebagai efek pendidihan atau *boiling point elevation*, yang merupakan bagian dari sifat koligatif larutan dan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi zat terlarut, bukan jenis zat tersebut (Dolu et al., 2022). Oleh karena itu, eksperimen yang dilakukan dalam studi ini menjadi sarana penting untuk mengamati secara langsung hubungan antara variabel-variabel termodinamika, seperti entalpi penguapan dan tekanan uap jenuh, melalui pengukuran titik didih pada berbagai konsentrasi larutan. Pendekatan ini memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap konsep teoritis sekaligus melatih keterampilan praktikum dalam mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data ilmiah berdasarkan prinsip-prinsip fisika modern.

Dalam konteks termodinamika, analisis teoretis terhadap perubahan titik didih juga dapat dijelaskan melalui pendekatan energi yang setara dengan kerangka kerja dalam mekanika, seperti perbandingan antara energi kinetik molekuler dan energi potensial interaksi antarpartikel. Prinsip ini selaras dengan pendekatan sistemik sebagaimana dijumpai dalam mekanika Lagrange, di mana perubahan energi internal suatu sistem menjadi kunci untuk memahami respon termal zat terhadap variabel eksternal, seperti tekanan dan konsentrasi. Ketika zat terlarut dimasukkan ke dalam pelarut, distribusi energi kinetik antar molekul berubah, sehingga diperlukan suhu yang lebih tinggi untuk

mencapai tekanan uap jenuh yang setara dengan tekanan atmosfer. Pemodelan matematis terhadap fenomena ini melibatkan persamaan Clausius-Clapeyron dan prinsip konservasi energi, yang memungkinkan deskripsi kuantitatif terhadap kenaikan titik didih secara lebih sistematis (Anggraeni et al., n.d.; Aryati et al., 2022). Oleh sebab itu, studi eksperimental terhadap perubahan titik didih akibat konsentrasi zat terlarut dapat dipahami tidak hanya sebagai fenomena empiris, tetapi juga sebagai aplikasi dari prinsip-prinsip energi dan dinamika sistem mikroskopik dalam fisika termal.

Sejalan dengan pendekatan teoritis tersebut, sejumlah penelitian sebelumnya juga telah menyoroti pengaruh zat terlarut terhadap perubahan sifat koligatif, khususnya titik didih, melalui pendekatan eksperimental dan matematis. Studi-studi tersebut menunjukkan bahwa keberadaan zat terlarut dalam pelarut menyebabkan penurunan tekanan uap larutan, sehingga diperlukan suhu yang lebih tinggi untuk mencapai titik didih (Aryati et al., 2022). Fenomena ini dijelaskan dengan menggunakan hukum Raoult dan prinsip termodinamika yang mengaitkan perubahan entalpi penguapan dengan variasi tekanan uap jenuh. Selain itu, validitas model matematis seperti persamaan Clausius-Clapeyron telah banyak diuji dalam berbagai kondisi eksperimental untuk menggambarkan hubungan antara konsentrasi larutan dan titik didihnya. Namun, pada konsentrasi tinggi atau ketika interaksi antarpartikel tidak lagi ideal, model linier sederhana menjadi kurang akurat, sehingga diperlukan pendekatan eksperimental yang lebih rinci guna memverifikasi penyimpangan dari prediksi teoritis dalam sistem nyata (Handayani Aris Susmiasih et al., 2021). Dengan demikian, kajian eksperimental terhadap pengaruh konsentrasi zat terlarut terhadap titik didih tidak hanya penting secara empiris, tetapi juga krusial dalam menguji batas-batas penerapan teori termodinamika klasik.

Dalam penelitian ini, digunakan tiga jenis zat utama, yaitu air sebagai pelarut, serta garam dapur (NaCl) dan gula pasir sebagai zat terlarut. Pemilihan NaCl yang bersifat ionik dan gula yang bersifat non-ionik bertujuan untuk membandingkan bagaimana kedua jenis zat tersebut memengaruhi perubahan titik didih dalam berbagai konsentrasi. Keberagaman sifat kimia dari zat terlarut ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih representatif mengenai pengaruh konsentrasi terhadap sifat koligatif larutan secara keseluruhan. Selain itu, observasi terhadap efek dari dua tipe zat terlarut ini juga memungkinkan analisis yang lebih luas terkait interaksi molekuler yang terjadi dalam sistem larutan nyata.

Sejalan dengan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan fundamental dalam termodinamika larutan: Sejauh mana konsentrasi zat terlarut memengaruhi kenaikan titik didih air, dan bagaimana fenomena tersebut dapat dikonfirmasi secara kuantitatif melalui pengukuran eksperimental? Dengan memanfaatkan pendekatan praktikum berbasis observasi langsung, penelitian ini difokuskan untuk menunjukkan adanya perubahan titik didih akibat penambahan zat terlarut serta mengukur nilai titik didih pada berbagai variasi konsentrasi larutan. Berbeda dari kajian sebelumnya yang umumnya menggunakan model larutan ideal, studi ini memberikan perhatian khusus terhadap kemungkinan deviasi pada konsentrasi tinggi, yang sering kali diabaikan dalam pendekatan konvensional. Diharapkan bahwa hasil studi ini tidak hanya memperkuat pemahaman teoretis mengenai sifat koligatif, tetapi juga memberikan kontribusi empiris yang relevan terhadap pembelajaran konsep-konsep dasar termodinamika dalam konteks pendidikan dan penelitian fisika eksperimental.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dalam ranah termodinamika untuk mengkaji secara langsung pengaruh konsentrasi zat terlarut terhadap titik didih larutan. Metode ini dipilih karena memungkinkan observasi sistematis terhadap hubungan kausal antara variabel bebas, yaitu konsentrasi zat terlarut, dan variabel terikat, yaitu titik didih larutan. Dasar teori yang digunakan mengacu pada prinsip sifat koligatif larutan, khususnya fenomena kenaikan titik didih akibat keberadaan zat terlarut non-volatil dalam pelarut. Fenomena ini dijelaskan melalui hukum Raoult dan teori kinetik molekuler yang menyatakan bahwa partikel zat terlarut mengganggu penguapan molekul pelarut, sehingga diperlukan suhu yang lebih tinggi untuk mencapai tekanan uap jenuh.

Dalam eksperimen ini, digunakan air murni sebagai pelarut dan dua jenis zat terlarut, yakni natrium klorida (NaCl) sebagai senyawa elektrolit, serta sukrosa (gula pasir) sebagai senyawa non-elektrolit. Pemilihan kedua zat ini didasarkan pada perbedaan karakteristik kimianya yang memungkinkan perbandingan efeknya terhadap perubahan titik didih. Larutan disiapkan dengan

menambahkan zat terlarut ke dalam air dalam jumlah massa tertentu untuk memperoleh konsentrasi molalitas (mol/kg) yang bervariasi. Setiap sampel diuji secara terpisah untuk menentukan titik didihnya melalui pengamatan langsung menggunakan termometer. Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian meliputi beaker glass, termometer analog berskala hingga 110°C, dan pemanas spiritus. Beaker glass berfungsi sebagai wadah reaksi untuk larutan yang diuji. Termometer digunakan untuk mencatat suhu saat larutan mulai mendidih secara stabil, sedangkan pemanas spiritus dipilih karena menghasilkan panas konstan yang memungkinkan pemanasan berlangsung secara bertahap dan terkontrol. Eksperimen dilakukan di ruang terbuka namun terlindung dari angin dan fluktuasi suhu lingkungan guna menjaga konsistensi hasil.

Langkah awal eksperimen dilakukan dengan memanaskan air murni tanpa zat terlarut sebagai kontrol, dan mencatat suhu saat mendidih. Selanjutnya, larutan NaCl dan larutan sukrosa dengan berbagai konsentrasi diuji satu per satu. Setiap larutan dipanaskan hingga mencapai titik didih, yang ditandai dengan terbentuknya gelembung secara stabil di seluruh volume larutan. Suhu pada kondisi tersebut dicatat sebagai titik didih larutan. Untuk memperoleh data yang komprehensif, percobaan diulang untuk lima variasi konsentrasi masing-masing zat terlarut. Data yang diperoleh direkap dan dianalisis menggunakan metode numerik. Analisis dilakukan dengan membandingkan titik didih setiap larutan terhadap titik didih air murni dan mengkaji pola perubahan suhu berdasarkan konsentrasi dan jenis zat terlarut.

Secara teoritis, fenomena kenaikan titik didih dianalisis menggunakan persamaan sifat koligatif:

$$\Delta T_b = i \cdot K_b \cdot m$$

dengan, ΔT_b sebagai kenaikan titik didih (°C), i sebagai faktor van't Hoff (jumlah partikel hasil disosiasi per molekul zat terlarut), K_b sebagai konstanta ebuliometri pelarut (untuk air $\approx 0,512$ °C·kg/mol), dan m sebagai molalitas larutan (mol zat terlarut per kg pelarut). Untuk senyawa elektrolit seperti NaCl, nilai i lebih besar dari 1 karena proses disosiasi menjadi ion-ion (Na^+ dan Cl^-). Sebaliknya, untuk senyawa non-elektrolit seperti sukrosa, nilai $i \approx 1$ karena tidak mengalami disosiasi.

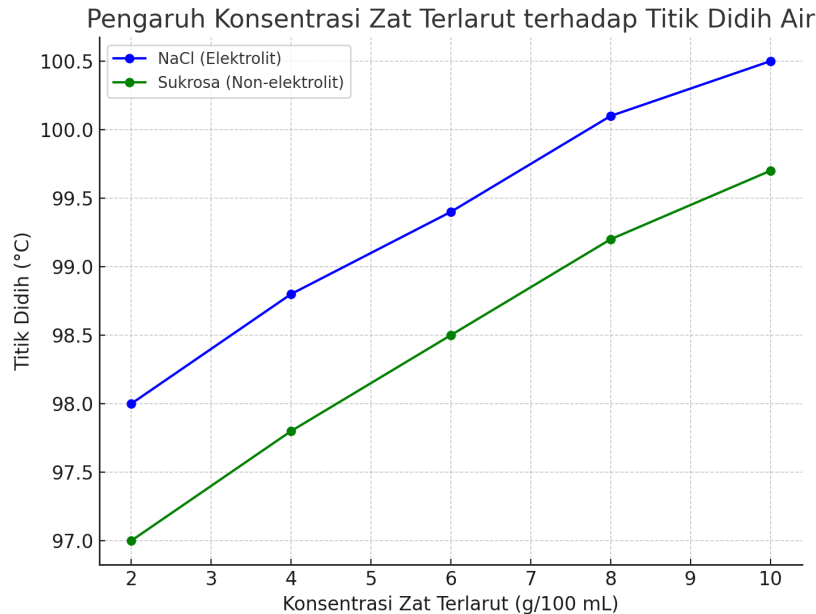
Analisis numerik dilakukan dengan membandingkan data eksperimen dengan hasil prediksi teoritis. Perhitungan regresi linier sederhana digunakan untuk menilai keterkaitan antara molalitas dan kenaikan titik didih. Grafik yang menampilkan hubungan tersebut dibuat menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel guna mengidentifikasi pola dan menguji validitas model teoritis. Adapun struktur variabel penelitian antara lain yaitu variabel bebas: Konsentrasi zat terlarut (mol/kg), variabel terikat: Titik didih larutan (°C), variabel kontrol: Tekanan atmosfer, jenis pelarut (air murni), volume larutan (tetap), dan suhu lingkungan. Dengan metode ini, diharapkan diperoleh pemahaman empiris mengenai kontribusi partikel zat terlarut terhadap perubahan sifat fisis larutan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengintegrasikan pemahaman teoritis dalam termodinamika dengan hasil observasi langsung sebagai bagian dari penguatan literasi ilmiah dalam pendidikan sains.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini secara empiris menginvestigasi pengaruh variasi konsentrasi zat terlarut terhadap titik didih pelarut air dengan pendekatan eksperimen termodinamika berbasis prinsip sifat koligatif larutan. Dua jenis zat terlarut digunakan untuk merepresentasikan sifat elektrolit dan non-elektrolit, yaitu natrium klorida (NaCl) dan sukrosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$). Kedua zat ini dilarutkan ke dalam air dengan konsentrasi bertingkat masing-masing sebesar 2, 4, 6, 8, dan 10 gram per 100 mL air. Penentuan titik didih dilakukan dengan metode pemanasan berkelanjutan sampai terbentuk gelembung stabil secara merata, sebagai indikator tercapainya suhu didih.

Data eksperimen menunjukkan adanya hubungan positif antara peningkatan konsentrasi zat terlarut dan kenaikan titik didih larutan. Namun, laju kenaikannya menunjukkan karakteristik yang berbeda secara signifikan antara larutan NaCl dan larutan sukrosa. Pada larutan NaCl, terjadi peningkatan titik didih yang relatif tajam dan konsisten: titik didih tercatat sebesar 98,0°C pada konsentrasi 2 gram, meningkat menjadi 98,8°C pada 4 gram, 99,4°C pada 6 gram, 100,1°C pada 8 gram, dan mencapai maksimum 100,5°C pada konsentrasi 10 gram. Hal ini mencerminkan bahwa

senyawa elektrolit NaCl mengalami disosiasi sempurna dalam air menjadi ion-ion Na^+ dan Cl^- , yang secara signifikan menambah jumlah partikel terlarut dan memperbesar efek penurunan tekanan uap pelarut, sebagaimana dijelaskan dalam hukum Raoult dan teori koligatif. Sebaliknya, larutan sukrosa menunjukkan peningkatan titik didih yang lebih gradual dan tidak mencapai atau melampaui titik didih air murni pada tekanan atmosfer standar (100°C). Titik didih larutan sukrosa tercatat sebesar $97,0^\circ\text{C}$ pada 2 gram, $97,8^\circ\text{C}$ pada 4 gram, $98,5^\circ\text{C}$ pada 6 gram, $99,2^\circ\text{C}$ pada 8 gram, dan $99,7^\circ\text{C}$ pada 10 gram. Sebagai senyawa non-elektrolit, sukrosa tidak mengalami disosiasi dalam larutan, sehingga jumlah partikel terlarut sebanding langsung dengan jumlah molekul yang dilarutkan. Fenomena ini mengindikasikan bahwa jenis dan sifat kimia zat terlarut menjadi faktor utama dalam menentukan sejauh mana titik didih meningkat, meskipun konsentrasinya identik.



Gambar 1. Grafik hubungan titik didih larutan dengan konsentrasi larutan

Secara visual, tren ini ditampilkan dalam grafik hubungan antara konsentrasi zat terlarut dan titik didih yang disusun untuk masing-masing larutan. Grafik tersebut menunjukkan dua kurva: satu mewakili larutan NaCl (garis biru), dan satu lagi mewakili larutan sukrosa (garis hijau). Kurva NaCl memperlihatkan kenaikan titik didih yang lebih tajam dan menembus batas 100°C pada konsentrasi tinggi, mencerminkan tingginya jumlah partikel efektif akibat ionisasi. Sebaliknya, kurva sukrosa menunjukkan peningkatan yang lambat dan cenderung mendekati ambang 100°C tanpa melewatinya, mencerminkan rendahnya jumlah partikel dalam larutan akibat tidak adanya disosiasi. Interpretasi grafik ini menguatkan pemahaman bahwa kenaikan titik didih tidak hanya bergantung pada massa zat terlarut, tetapi lebih pada jumlah partikel yang efektif terbentuk dalam larutan. Pada larutan elektrolit seperti NaCl, faktor van't Hoff (i) bernilai lebih dari satu ($i \approx 2$ untuk disosiasi penuh), sedangkan pada larutan non-elektrolit seperti sukrosa, faktor tersebut bernilai satu karena tidak ada pemecahan molekul menjadi ion. Oleh sebab itu, pada konsentrasi yang sama, larutan NaCl menunjukkan perubahan titik didih yang lebih besar daripada larutan sukrosa, sebagaimana diprediksi oleh persamaan $\Delta T_b = i \cdot K_b \cdot m$, di mana ΔT_b adalah perubahan titik didih, i adalah faktor van't Hoff, K_b adalah konstanta ebulioskopik pelarut, dan m adalah molalitas larutan.

Dari perspektif mikroskopik, fenomena peningkatan titik didih dapat dijelaskan melalui interaksi antara partikel terlarut dengan molekul pelarut. Pada sistem elektrolit, ion-ion hasil disosiasi berinteraksi kuat dengan molekul air melalui ikatan ion-dipol, yang secara efektif mengurangi mobilitas molekul pelarut menuju fase uap. Hal ini menyebabkan peningkatan kebutuhan energi (suhu) untuk mengatasi gaya tarik antarmolekul tersebut. Sebaliknya, pada sistem non-elektrolit seperti sukrosa, interaksi antar molekul cenderung lebih lemah (melalui gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen lemah), sehingga pengaruhnya terhadap tekanan uap dan titik didih tidak sekuat sistem elektrolit. Namun demikian, meskipun hubungan antara konsentrasi dan titik didih secara

umum bersifat linier pada konsentrasi rendah hingga sedang, terdapat indikasi deviasi pada konsentrasi tinggi, terutama pada larutan sukrosa. Pelambatan kenaikan titik didih pada konsentrasi tinggi dapat dikaitkan dengan kondisi non-ideal larutan, seperti peningkatan viskositas, terbentuknya agregat molekul, atau terbatasnya kapasitas pelarutan. Hal ini menandakan bahwa dalam praktiknya, hukum sifat koligatif memiliki keterbatasan ketika diterapkan pada larutan pekat atau sistem nyata yang kompleks.

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan konsistensi antara hasil eksperimental dan teori koligatif larutan dalam termodinamika. Perbedaan perilaku antara zat elektrolit dan non-elektrolit dalam memengaruhi titik didih memperkuat hipotesis bahwa jumlah dan sifat partikel terlarut merupakan determinan utama dalam perubahan sifat fisika larutan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat kerangka teoretis yang ada, tetapi juga menyediakan dasar empiris yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan eksperimen pendidikan sains serta aplikasi praktis di bidang industri kimia dan pangan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya hubungan linier positif antara peningkatan konsentrasi zat terlarut dan kenaikan titik didih larutan, sebagaimana dijelaskan oleh prinsip sifat koligatif. Larutan yang mengandung zat terlarut ionik seperti natrium klorida (NaCl) menunjukkan kenaikan titik didih yang lebih signifikan dibandingkan larutan non-ionik seperti sukrosa pada konsentrasi yang setara. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak hanya jumlah partikel yang memengaruhi perubahan titik didih, tetapi juga sifat elektrolit dari zat terlarut turut memberikan kontribusi melalui proses disosiasi ionik yang meningkatkan jumlah partikel efektif dalam larutan. Data eksperimental secara umum mendukung model teoritis yang dirumuskan dalam persamaan $\Delta T_b = K_b \cdot m$, yang menggambarkan kenaikan titik didih sebagai fungsi dari molalitas dan konstanta ebulioskopik pelarut. Namun demikian, penyimpangan terhadap prediksi teoritis mulai terdeteksi pada konsentrasi tinggi, yang kemungkinan disebabkan oleh peningkatan interaksi antarpartikel, perubahan aktivitas pelarut, dan pengaruh volume larutan terhadap nilai molalitas efektif.

Secara keseluruhan, penelitian ini memperkuat pemahaman tentang pengaruh konsentrasi dan jenis zat terlarut terhadap titik didih larutan, serta menekankan pentingnya mempertimbangkan efek non-ideal dalam sistem larutan pekat. Temuan ini relevan untuk diterapkan dalam pengembangan sistem termal, formulasi larutan industri, serta pendidikan sains yang mengintegrasikan pendekatan eksperimen dengan teori koligatif secara menyeluruh.

Sebagai saran, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan variabel dengan mempertimbangkan lebih banyak jenis zat terlarut yang memiliki struktur kimia berbeda serta mengevaluasi pengaruh suhu lingkungan atau tekanan atmosfer terhadap hasil eksperimen. Selain itu, penggunaan instrumen pengukuran yang lebih presisi serta teknik kalibrasi yang lebih baik dapat meningkatkan akurasi data dan memperkecil deviasi dari model teoritis. Kepada pendidik dan pengelola laboratorium pendidikan, disarankan untuk menjadikan eksperimen ini sebagai bagian dari praktikum termodinamika karena terbukti mampu mengintegrasikan aspek teoritis dan keterampilan praktis mahasiswa secara efektif. Bagi peneliti lanjutan, eksperimen ini juga dapat dijadikan titik tolak untuk mengembangkan model numerik atau simulasi berbasis komputer yang memprediksi perubahan titik didih dalam sistem larutan non-ideal. Dengan demikian, studi ini tidak hanya bermanfaat dalam konteks akademik, tetapi juga memberikan kontribusi langsung dalam pembelajaran, pengembangan kurikulum, dan eksplorasi ilmiah yang lebih mendalam di bidang fisika termal dan kimia larutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Busoul, M. (2017). Design of Fruits Solar Energy Dryer under Climatic Condition in Jordan. *Journal of Power and Energy Engineering*, 05(02), 123–137. <https://doi.org/10.4236/jpee.2017.52007>
- Anggraeni, E., Alya, F. D., Anwar, G. Z., Yanti, I. N. Y., Nitya, S., Nisa, N. L., Hastari, N. A., & Kimia, P. (n.d.). *Analisis Pengaruh Jenis Larutan terhadap Kenaikan Titik Didih Larutan di Dalam Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang*.
- Aryati, D., Jumini, S., & Guntara, Y. (2022). INOVASI KIT PERCOBAAN CLAUSIUS-CLAPEYRON DALAM PEMBELAJARAN FISIKA UNTUK PENENTUAN TITIK DIDIH

MINYAK GORENG PADA BERBAGAI TEKANAN. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 8(1), 81. <https://doi.org/10.32699/spektra.v8i1.238>

Dolu, G., Ürek, H., & Bostan Sarıođlan, A. (2022). Scientific Story Writing Technique in the Alternative Assessment of the Subject of Liquids: The Sample of Science and Biology Teaching Students. *Journal of Science Learning*, 5(1), 154–164. <https://doi.org/10.17509/jsl.v5i1.33039>

Handayani Aris Susmiasih, Suandi Sidauruk, & Abdul Hadjranul Fatah. (2021). Student Difficulties Understanding the Concept of the Colligative Properties of Solutions in Class XII IPA SMA Negeri in Palangka Raya Academic Year 2018/2019. *GAMAPROIONUKLEUS*, 2(2), 95–110. <https://doi.org/10.37304/jpmipa.v2i2.5046>