

## ALAT PENENTUAN TITIK BEKU LARUTAN: MODIFIKASI SISTEM PENDINGIN

**Rahmalita Tiari Putri\***, Noor Fadiawati, Lisa Tania  
FKIP Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1

\*Corresponding author, tel: +6285269374646, email:  
rahmalita@rocketmail.com

**Abstract:** *The Apparatus To Determine Solution Freezing Point Depression : Cooling System Modified.* This research had been done to construction of the apparatus to determine solution freezing point depression with cooling system modified by using R&D design. Based on design and product of the apparatus, the validator gave judgment to suitability of the content, educational value, tool endurance, accurancy of measurement and safety for student aspects with each of them were in suitable criteria, expect tool efficient for use aspect. All components of the apparatus have function properly based on functioning test to the 1<sup>st</sup> years student of chemical education department of lampung university and chemistry teachers' responses in SMA N 8 Bandar Lampung. According to the results, it could be concluded that the constructed apparatus was suitable to use in learning.

**Keywords:** *colligative properties, freezing point depression, cooling system modified, practical apparatus.*

**Abstrak:** **Alat Penentuan Titik Beku Larutan : Modifikasi Sistem Pendingin.** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat penentuan titik beku larutan dengan menggunakan desain *R&D (Research and Development)*. Hasil validasi desain, dan kelayakan terhadap alat menunjukkan bahwa aspek kesesuaian dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, ketepatan pengukuran, dan keamanan bagi siswa, memiliki kriteria sangat layak; kecuali pada aspek efisiensi penggunaan alat. Semua komponen alat memiliki fungsi yang baik berdasarkan hasil uji keberfungsian terhadap mahasiswa semester awal pendidikan kimia Universitas Lampung dan guru kimia SMAN 8 Bandar Lampung. Berdasarkan hasil, dapat disimpulkan bahwa alat yang dikembangkan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

**Kata kunci:** alat praktikum, modifikasi sistem pendingin, penurunan titik beku larutan, sifat koligatif larutan.

### PENDAHULUAN

Sifat koligatif larutan ialah sifat-sifat larutan yang hanya ditentukan oleh jumlah partikel dalam larutan, dan tidak

tergantung pada jenis partikelnya. Ada beberapa sifat larutan yang termasuk dalam sifat koligatif, salah satunya adalah penentuan titik beku larutan. Titik beku

larutan adalah temperature pada saat larutan setimbang dengan pelarut padatnya (Sukardjo, 1997).

Konsep penurunan titik beku larutan tercantum dalam kurikulum 2013 Kompetensi Dasar 4.1 Kimia kelas XII yaitu menyajikan hasil analisis berdasarkan data percobaan terkait penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis larutan. Berdasarkan kompetensi dasar tersebut, untuk memperoleh data hasil percobaannya, maka sekolah harus menyediakan alat praktikum dan melakukan kegiatan praktikum.

Praktikum merupakan percobaan yang ditampilkan oleh guru dalam bentuk demonstrasi secara kooperatif oleh sekelompok peserta didik, ataupun percobaan dan observasi oleh peserta didik (Kerr, 2005). Praktikum juga merupakan pusat pembelajaran dan pengajaran dalam ilmu, dan kualitas kerja yang baik yang dapat membantu mengembangkan pemahaman peserta didik tentang proses ilmiah dan konsep (Dillon, 2008). Kegiatan praktikum penting untuk dilakukan, karena dengan dilakukannya kegiatan praktikum dapat membangkitkan motivasi peserta didik dalam belajar, memberikan kesempatan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan yang dimiliki, dan meningkatkan kualitas belajar peserta didik (Nuada, 2015; Salirawati, 2011).

Kurangnya sarana dan prasarana yang memadai di sekolah seperti kurangnya ruang laboratorium, dan kurangnya alat praktikum mengakibatkan kegiatan praktikum di sekolah jarang dilakukan. Kegiatan praktikum

seharusnya dapat dilakukan baik itu di ruang laboratorium ataupun di tempat lain. Namun akan lebih baik jika kegiatan praktikum dilakukan di laboratorium.

Tamir (1973) mengatakan, bahwa pengalaman laboratorium adalah inti (*core*) dari proses pembelajaran kimia. Hal ini diperkuat juga oleh Trumper (2002) yang mengatakan bahwa kegiatan pembelajaran kimia di laboratorium dimaksudkan untuk memberikan pengalaman dalam menggunakan berbagai peralatan dan bahan laboratorium, serta dapat membantu siswa untuk pemahaman konseptual. Selain itu, kegiatan praktikum di laboratorium dapat melatih keterampilan siswa, dimana tidak hanya keterampilan psikomotoriknya saja, tetapi juga keterampilan kognitif dan keterampilan afektifnya (Wardani, 2008).

Berdasarkan hasil studi penelitian pendahuluan melalui kegiatan wawancara terhadap 5 guru kimia dan 20 siswa SMA kelas XII IPA serta penyebaran angket analisis kebutuhan terhadap 88 siswa SMA Kelas XII IPA Negeri di Lampung menyatakan bahwa sebanyak 40% guru tidak menerapkan kegiatan praktikum dalam pembelajaran materi penurunan titik beku larutan.

Tidak dilakukannya kegiatan praktikum pada materi penurunan titik beku larutan dipicu dengan berbagai alasan, seperti beban belajar guru yang tinggi dan kurangnya ruang kelas di sekolah yang berakibat pengalihfungsian laboratorium sebagai ruang kelas pengganti, serta tidak sesuai dan tidak atau belum akuratnya alat praktikum.

Praktikum penurunan titik beku larutan yang dilakukan oleh guru belum sesuai dengan teori dan fenomena penurunan titik beku larutan. Ketidaksesuaian ini didukung berdasarkan pada hasil observasi salah satu sekolah melalui kegiatan demonstrasi yang dilakukan oleh guru pada percobaan penurunan titik beku larutan. Percobaan yang dilakukan hanya dengan mencampurkan garam di dalam wadah yang berisi es batu tanpa menggunakan larutan dan tanpa memperhatikan jumlah garam yang ditambahkan untuk membekukan larutan. Selain itu juga guru langsung mengukur penurunan suhu dengan menggunakan termometer.

Percobaan yang demikian dikatakan tidak sesuai karena pada percobaan ini hanya mengalami penurunan suhu, bukan mengalami penurunan titik beku larutan. Suatu larutan dapat dikatakan mengalami penurunan titik beku larutan jika titik beku larutan lebih rendah dari titik beku pelarutnya, sehingga titik beku larutan dapat diamati pada keadaan atau pada suhu dimana kristal-kristal pertama kali mulai terbentuk, yaitu pada saat kesetimbangan dengan larutan. Dalam pelarut encer, penurunan titik beku berbanding lurus dengan banyaknya molekul zat terlarut dalam massa tertentu pelarut (Rosenberg, 1996)

Alat praktikum penurunan titik beku larutan sebelumnya telah dibuat oleh Ernst Otto Beckman yang dinamakan alat Beckman. Rangkaian alat Beckman ini terdiri atas tabung yang dikelilingi tabung lain untuk mencegah pendinginan yang terlalu cepat. Larutan yang dimasukkan kedalam

alat ini diaduk dan diukur suhunya menggunakan alat pengukur suhu hingga terjadi pembekuan (Sukardjo, 1997).

Proses pengadukan pada alat Beckman ini dilakukan dengan menggunakan bahan sederhana berupa batang kawat (karunakaran, 1978). Kelemahan pengadukan dengan menggunakan batang kawat ini adalah kurangnya konsisten dalam proses pengadukan sehingga kemungkinan besar hasil yang terbentuk tidak sesuai dengan yang direncanakan.

Alat yang pernah dikembangkan oleh Beckman pernah dikembangkan kembali oleh Marzacco (1981) dengan menggunakan labu erlenmeyer serta menggantikan batang kawat pengaduk dengan menggunakan *stirrer*. Alat yang dikembangkan Marzacco telah dikembangkan kembali oleh Singman (1982) dengan menggunakan peralatan analog dan *stirrer* sebagai pengaduknya. Permasalahannya, tidak semua sekolah memiliki peralatan analog seperti yang digunakan pada alat dari miliknya Singman sehingga, praktikum penurunan titik beku sulit untuk dilakukan.

Berdasarkan kelemahan-kelemahan yang terdapat pada pengembangan yang telah dilakukan, untuk memperbaikinya maka perlu dilakukan pengembangan alat salah satunya dengan mengembangkan alat dan modifikasi sistem pendingin pada praktikum penurunan titik beku larutan. Komponen alat yang akan digunakan akan dipilih dengan menggunakan alat-alat, dan bahan-bahan yang mudah diperoleh dalam kehidupan sehari-hari, sehingga dapat mempermudah, dan

memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan pengembangan alat.

Dalam artikel ini akan dipaparkan pengembangan alat penentuan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem pendingin. Adanya alat praktikum yang dikembangkan ini, diharapkan dapat mempermudah siswa memahami materi sifat koligatif larutan terkait penurunan titik beku larutan.

## **METODE**

Desain penelitian yang digunakan adalah desain penelitian dan pengembangan menurut Borg and Gall (Setyosari, 2012). Terdapat lima tahap yang dilakukan, tahap yang dilakukan tersebut meliputi:

### **Penelitian dan Pengumpulan Data**

*Studi lapangan.* Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui keterlaksanaan kegiatan praktikum penurunan titik beku larutan di sekolah dan kriteria pengembangan alat praktikum yang diinginkan oleh guru di sekolah. Studi lapangan dilakukan di lima sekolah, yaitu SMAN 8 Bandar Lampung, SMAN 1 Kotabumi, SMAN 3 Kotabumi, SMAN 4 Kotabumi, dan SMAN 1 Padang Cermin. Data diperoleh dengan mewawancarai 5 orang guru kimia kelas XII IPA dan memberikan kuesioner kepada 108 siswa kelas XII IPA. Data yang diperoleh dari hasil wawancara dan kuesioner tersebut kemudian diklasifikasikan, ditabulasikan, dan dipersentasekan jawaban yang telah diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%J_{in} = \frac{J_i}{N} \times 100\%$$

$\%J_{in}$  persentase jawaban-i,  $\sum J_i$  jumlah skor jawaban-i, dan  $N$  jumlah skor total. Hasil persentase diubah menjadi pernyataan deskriptif naratif (Sudjana, 2005).

*Studi pustaka.* Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai alat-alat yang telah dikembangkan sebelumnya, dan informasi mengenai kriteria pengembangan alat praktikum yang baik berdasarkan pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan yang telah dikembangkan.

### **Perencanaan**

Pada tahap ini ditentukan kriteria bahan-bahan yang digunakan dalam pengembangan alat. Bahan-bahan yang digunakan sifatnya harus mudah diperoleh, dan dapat menentukan penurunan titik beku larutan.

### **Pengembangan Format Produk Awal**

*Pembuatan desain.* Pembuatan desain alat penentuan titik beku larutan yang dikembangkan dilakukan berdasarkan informasi kriteria barang penyusun komponen alat yang diperoleh pada tahap perencanaan.

*Validasi desain.* Validasi desain ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan desain alat hasil pengembangan untuk direalisasikan menjadi alat penentuan penurunan titik beku larutan. Validasi desain dilakukan dengan memberikan kuesioner kepada dua orang dosen Pendidikan Kimia FKIP Unila sebagai validator. Aspek penilaian yang dilakukan meliputi kesesuaian dengan konsep, kemudahan memperoleh bahan,

kemudahan dalam penyimpanan, kemudahan pemindahan, kemudahan pengamatan, keamanan, dan ketahanan, keterjangkauan biaya.

*Pembuatan alat.* Pembuatan alat dilakukan berdasarkan hasil desain tervalidasi dan dinyatakan layak pada tahap validasi desain. Penyesuaian tersebut mencakup pada bentuk alat serta bahan penyusun komponen alat yang ada pada desain alat hasil pengembangan.

*Validasi alat.* Validasi alat dilakukan untuk mengetahui kelayakan alat yang dikembangkan dengan memberikan kuesioner kepada dua orang dosen Pendidikan Kimia FKIP Unila sebagai validator. Aspek penilaian yang dilakukan meliputi keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat dan keamanan bagi siswa.

*Uji keberfungsian.* Uji keberfungsian ini bertujuan untuk mengetahui keberfungsian tiap komponen alat penurunan titik beku larutan yang telah dikembangkan. Uji keberfungsian ini dilakukan dengan memberikan kuesioner kepada 20 pengamat mahasiswa Pendidikan Kimia FKIP Unila setelah melaksanakan kegiatan praktikum menggunakan alat hasil pengembangan.

Data yang diperoleh pada tahap pengembangan format produk awal ini, diklasifikasi, ditabulasi, dan dipersentasekan jawaban yang diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$\%J_{in} = \frac{J_i}{N} \times 100\%$$

dimana  $\%J_{in}$  adalah persentase

jawaban-I,  $\sum J_i$  adalah jumlah skor pada jawaban-i, dan N adalah jumlah skor total pada jawaban pengamat (Sudjana, 2005).

Rata-rata persentase tiap aspek kelayakan alat yang diperoleh dari hasil pengembangan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\overline{\%X_i} = \frac{\sum \%X_{in}}{n}$$

dimana,  $\overline{\%X_i}$  rata-rata persentase kuesioner/wawancara keseluruhan,  $\sum \%X_{in}$  jumlah persentase pada kuesioner/wawancara seluruh pernyataan dan jumlah pernyataan tiap aspek (Sudjana, 2005).

Hasil persentase yang diperoleh, ditafsirkan untuk memperoleh sebuah pernyataan secara kualitas. Tafsiran yang digunakan berdasarkan tafsiran santoso (2010) yang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tafsiran persentase skor

Persentase Skor	Kriteria
76 – 100	Sangat layak
51 – 75	Layak
25 – 50	Kurang layak
0 – 25	Tidak layak

### Uji Coba Awal

Uji coba lapangan awal dilaksanakan di SMA Negeri 8 Bandar Lampung. Data pada uji coba ini diperoleh dari hasil respon dua guru kimia kelas XII berupa hasil wawancara terkait pelaksanaan kegiatan praktikum penentuan penurunan titik beku larutan menggunakan alat yang dikembangkan. Aspek yang ditanggapi meliputi aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi

penggunaan alat, ketepatan pengukuran dan keamanan bagi siswa. Data yang diperoleh pada tahap ini, selanjutnya diolah dengan cara yang sama pada pengolahan data yang dilakukan pada tahap pengembangan format produk awal.

### **Revisi Produk**

Pada tahap ini dilakukan revisi terhadap alat penentuan penurunan titik beku larutan yang dikembangkan berdasarkan hasil uji coba awal. Hasil dari revisi pada tahap ini diperoleh sebagai hasil akhir pengembangan alat penentuan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem pendingin.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN Penelitian dan Pengumpulan Data**

*Hasil studi lapangan.* Pada hasil studi lapangan diperoleh bahwa sebanyak 40% guru tidak melakukan kegiatan praktikum di sekolah. Alasan guru tidak melakukan praktikum dikarenakan beban belajar guru yang tinggi, dan kurangnya ruang kelas di sekolah yang berakibat pengalihfungsian laboratorium sebagai ruang kelas pengganti. Guru yang melakukan percobaan penurunan titik beku larutan, Jika ditinjau dari teori penurunan titik beku larutan, percobaan yang dilakukan guru belum sesuai dengan teori dan fenomena penurunan titik beku larutan.

Pada percobaan pembuatan es krim, kristal yang pertama kali muncul tidak dapat teramati, sehingga penurunan titik bekunya juga tidak dapat ditentukan. Sedangkan, pada percobaan pengukuran suhu es setelah

ditambahkan garam tidak dapat dikatakan mengalami penurunan titik beku larutan, melainkan hanya mengalami penurunan suhu karena suhunya hanya akan terus turun tanpa adanya pembentukan kristal.

Selain informasi keterlaksanaan praktikum, guru dan siswa menyatakan perlu dikembangkan alat penurunan titik beku larutan. Dengan dikembangkannya alat praktikum tersebut, diharapkan proses terbentuknya kristal sesaat setelah larutan membeku dapat teramati.

*Hasil studi pustaka.* Pada hasil studi pustaka diperoleh informasi mengenai materi sifat koligatif larutan. Titik beku larutan adalah suhu atau temperatur pada saat tekanan uap cairan atau larutan sama dengan tekanan uap pelarut padat murni. Suatu larutan jika jumlah partikel zat terlarut semakin banyak, maka titik beku larutan tersebut akan semakin turun. Hal ini terjadi dalam pelarut encer karena dalam pelarut encer penurunan titik beku berbanding lurus dengan banyaknya molekul zat terlarut dalam massa tertentu pelarut (Rosenberg, 1996).

Pada kondisi standar yaitu pada tekanan 1 atm, air mempunyai nilai titik beku sebesar 0°C (soleman, 2011). Suhu dimana kristal-kristal pertama berada dalam kesetimbangan dengan larutan disebut titik beku larutan. Titik beku larutan selalu lebih rendah dari titik beku pelarut murni (Rosenberg, 1996).

Selain mengenai penurunan titik beku larutan, diperoleh pula hasil studi pustaka mengenai kriteria pengembangan alat praktikum yang baik dan sesuai dengan aspek kelayakan alat, yang terdiri

dari aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa, ketepatan pengukuran, dan diperoleh pula informasi mengenai pengembangan alat praktikum penurunan titik beku larutan yang telah dilakukan.

hasil studi pustaka terhadap pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan yang telah dilakukan, didasarkan pada set alat milik Beckmann. Set alat tersebut terdiri dari dua tabung ukuran berbeda yang diletakkan dalam bejana campuran pendingin. Karunakaran (1978) memodifikasi alat tersebut dengan mengganti kawat *stirer* platinum dengan kawat nikel untuk menghindari efek *supercooling*.

Set alat Karunakaran dimodifikasi lebih lanjut oleh Marzocco dan Collins (1980) dengan mengaplikasikan sistem pendingin pada sistem terbuka dan mengganti komponen tabung dengan erlenmeyer, dan *stirer* kawat dengan *magnetic stirer*, sehingga pengadukan menjadi lebih konstan.

Lebih lanjut, Singman dkk., (1982) memodifikasi set alat dari Marzocco dan Collins dengan menggantikan termometer merkuri dengan sebuah multimeter TRMS-5000 untuk menghindari kesulitan membaca suhu dan bahaya zat merkuri saat termometer tidak sengaja terpecah.

Sebagian besar modifikasi alat di proses pada bagian pengukur suhu dan proses pengadukannya yang memiliki cara kerja lebih baik dibandingkan dengan komponen sebelumnya. Meskipun memiliki kelebihan tersebut, berbagai komponen penggantinya memiliki

harga yang relatif mahal, dan harus memiliki keahlian khusus dalam pengoperasiannya, sehingga untuk di sekolah sulit ditemukan ketersediaannya.

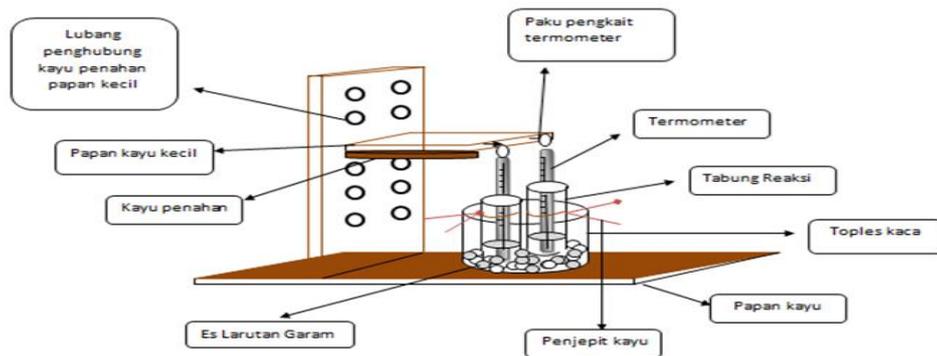
### Perencanaan

Alat yang dikembangkan mengadopsi alat dari miliknya beckman dengan memodifikasi sistem pendingin. Sistem pendingin yang akan digunakan dalam pengembangan alat ini adalah garam dapur yang jumlah konsentrasinya telah ditentukan, dan wadah yang digunakan dapat mengukur besarnya nilai penurunan titik beku yang terbentuk. Sistem pendingin yang dikembangkan ini, dibuat dengan menggunakan freezer yang terdapat pada mesin/alat pendingin, yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari yang umumnya memiliki suhu  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### Pengembangan Format Produk Awal

*Pembuatan desain.* pembuatan desain telah terjadi empat kali perubahan desain alat praktikum dan dua kali desain wadah sitem pendingin sampai dengan dihasilkan desain akhir. Adapun desain akhir alat praktikum penurunan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem pendingin dapat dilihat pada Gambar 1. Desain ini dibuat dengan kondisi terbuka, serta terdiri dari dua bagian utama yaitu sistem pendingin dan reaktor inti.

Sistem pendingin yang digunakan memiliki nilai  $T_f$  sebesar  $-14,508^{\circ}\text{C}$ . Reaktor inti yang digunakan terdiri dari modifikasi



Gambar 1. Desain akhir alat penentuan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem pendingin

*statif* berbahan kayu yang terdapat papan kecil dengan baut yang tertempel yang berfungsi sebagai alat untuk menggantung termometer.

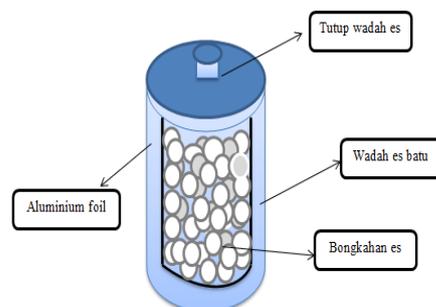
Toples kaca 500 mL digunakan sebagai wadah pendingin. Tabung reaksi digunakan untuk meletakkan larutan dan pelarut yang akan ditentukan titik bekunya. Penjepit digunakan untuk menjepit tabung reaksi dengan tujuan mempermudah proses pengamatan suhu, dan untuk memperkecil resiko termometer bersentuhan dengan tangan.

Spatula untuk lebih menghomogenkan es larutan garam yang dibekukan sebelum dimasukkan kedalam toples kaca besar, agar tidak mengganggu kondisi dari pelarut/larutan yang akan ditentukan penurunan titik bekunya. Termometer yang digunakan untuk mengukur suhu pada percobaan ini adalah termometer raksa karena termometer ini lebih akurat dibandingkan dengan termometer alkohol.

Selain itu, desain alat praktikum juga dibuat untuk wadah penahan sistem pendingin yang terdapat pada gambar 2. Tujuan dibuatnya wadah penahan sistem pendingin yaitu, agar sistem

pendingin yang digunakan (es garam) dapat bertahan meskipun berada diluar *freezer*.

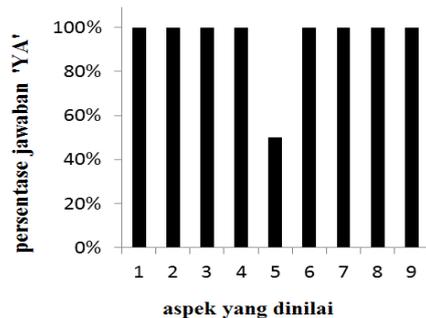
Desain ini dirangkai dengan melapisi lembaran aluminium dibagian dalam termos nasi atau termos es beserta tutupnya, dan ditambahkan pula perekat pada bagian pinggirnya agar lembaran aluminium tidak sobek ketika ditutup rapat. Bongkahan es ditambahkan dengan tujuan supaya es garam yang diletakan didalam wadah penahan sistem pendingin akan bertahan lebih lama.



Gambar 2. Wadah penahan sistem pendingin

*Validasi desain.* Desain akhir alat praktikum ini kemudian divalidasi. Hasil dari validasi desain ini dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan hasil validasi desain oleh validator terhadap desain alat penentuan titik beku larutan dengan

memodifikasi sistem pendingin, diperoleh kriteria rata-rata ke-layakan dengan persentase sebesar 95,83%, dan kriteria sangat layak, sehingga desain alat penentuan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem pendingin sangat layak dikembangkan menjadi alat praktikum dalam menentukan penurunan titik beku larutan.



Keterangan

- 1= kesesuaian desain dengan konsep
- 2= kemudahan memperoleh bahan
- 3= keterjangkauan biaya pembuatan alat
- 4= kemudahan penyimpanan
- 5= kemudahan membawa/memindahkan
- 6= kemudahan pengamatan
- 7= keamanan bagi siswa
- 8= keamanan bahan yang digunakan
- 9= ketahanan alat

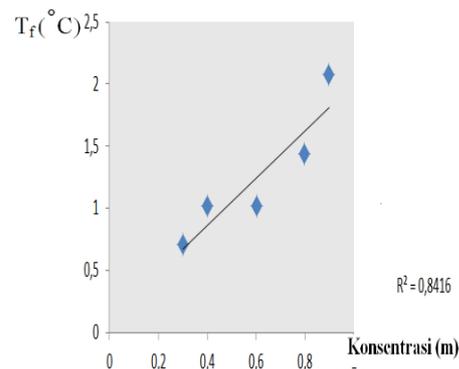
**Gambar 3.** Diagram hasil validasi desain

*pembuatan dan uji coba alat.*

Pembuatan alat dilakukan berdasarkan desain alat yang telah divalidasi. Setelah diperoleh alat, terlebih dahulu dilakukan uji coba

untuk mengetahui keberfungsian dari komponen-komponen alat yang digunakan. Alat ini diuji coba dengan menggunakan larutan glukosa pada konsentrasi yang bervariasi, dan dengan menggunakan sistem pendingin sebanyak 3,9 m dengan nilai  $T_f$  - 14,508°C. Data hasil percobaan dan grafik hasil percobaan menggunakan alat yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan data pada Tabel 2 dan grafik hasil percobaan pada Gambar 4, diperoleh nilai korelasi linier sebesar 0,8416. Hal ini dapat dikatakan bahwa hasil dari percobaan sesuai dengan teori.



**Gambar 4.** Grafik uji coba alat

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, sistem pendingin yang digunakan ternyata mudah mencair jika diletakkan diluar

**Tabel 2 .** Data hasil percobaan penurunan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem pendingin

m	Percobaan						Selisih $T_f$ percobaan (°C)	$\Delta T_f$ teori (°C)
	1		2		3			
	$T_{fp}$ (°C)	$T_{fi}$ (°C)	$T_{fp}$ (°C)	$T_{fi}$ (°C)	$T_{fp}$ (°C)	$T_{fi}$ (°C)		
0,3	1	-0,2	1,2	0,5	0	-0,7	-0,7	0,7
0,4	0	-1,2	1	0	1	-1	-1	1
0,6	0	-1	1	0	1	0	0	1
0,8	1	-0,3	1	0,7	0,7	-0,7	-0,7	1,43

Keterangan:

m = molalitas; p = pelarut; dan l = larutan

*freezer*, sedangkan waktu untuk melakukan eksperimen tergolong cukup lama sehingga, dibutuhkan wadah penahan sistem pendingin untuk menjaga agar sistem pendingin yang digunakan tidak mudah mencair ketika berada diluar *freezer*.

Wadah ini penahan sistem pendingin ini dibuat dengan menggunakan termos nasi/ termos es yang dibagian dalamnya di lapiasi lembaran aluminium, dan dibagian pinggirnya ditambahkan perekat supaya lembaran aluminium tidak mudah sobek ketika wadah ditutup rapat. Sebelum ditutup rapat, wadah sistem pendingin ditambahkan bongkahan es supaya sistem pendingin yang digunakan dapat bertahan lebih lama.

Setelah dilakukan uji dengan memasukan sistem pendingin kedalam wadah penahan sistem pendingin, hasilnya sistem pendingin yang berada diluar *freezer* dapat bertahan  $\pm 2$  jam untuk digunakan. Gambar alat dan sistem pendingin dapat dilihat pada gambar 5.

Setelah komponen alat dapat berfungsi dan hasil sesuai dengan teori, maka selanjutnya dilakukan validasi alat praktikum. Validasi alat ini meliputi penilaian alat terhadap aspek kelayakan alat yaitu aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa dan keakuratan. Hasil dari validasi alat praktikum tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

Hasil rata-rata penilaian validator terhadap kelayakan alat penentuan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem

pendingin diperoleh persentase rata-rata nilai kriteria kelayakan sebesar 95,83%, dan tergolong dalam kriteria sangat layak.

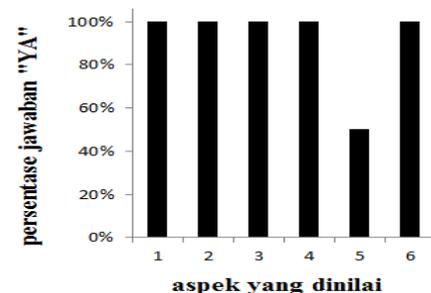


(a)



(b)

**Gambar 5.** (a) Alat praktikum, dan (b) Wadah penahan sistem pendingin.



keterangan:

- 1= keterkaitan dengan bahan ajar
- 2= nilai pendidikan
- 3= ketahanan alat
- 4= efisiensi penggunaan alat
- 5= keamanan bagi siswa
- 6= keakuratan

**Gambar 6.** Hasil validasi ahli kelayakan alat

Karakteristik dari alat praktikum yang telah dikembangkan

yaitu komponen alat meliputi modifikasi statif berbahan kayu, toples kaca  $\pm 250$  mL, larutan garam yang dibekukan dengan konsentrasi sebesar 3,9 m.

Fungsi dari masing-masing alat yang digunakan diantaranya modifikasi statif berbahan kayu yang terdapat papan kecil dan pengkait yang tertempel untuk termometer. Toples kaca 500 ml digunakan sebagai wadah pendingin, tabung reaksi digunakan untuk meletakkan larutan dan pelarut yang akan ditentukan penurunan titik bekunya. Penjepit digunakan untuk menjepit tabung reaksi sehingga dapat mempermudah proses pengamatan suhu dan juga untuk memperkecil resiko termometer bersentuhan dengan tangan.

Spatula untuk lebih menghomogenkan es larutan garam yang dibekukan sebelum dimasukkan kedalam toples kaca besar supaya tidak mengganggu kondisi dari pelarut/larutan yang akan ditentukan penurunan titik bekunya, termometer raksa digunakan untuk mengukur suhu penurunan titik beku larutan.

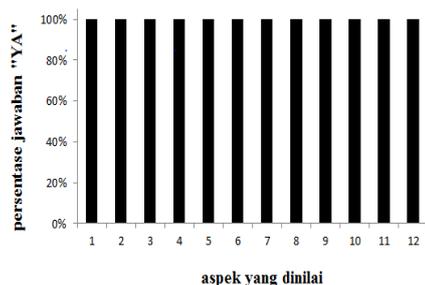
Wadah sistem pendingin juga dibuat dengan menggunakan boks nasi yang didalamnya dan dibagian tutupnya dilapisi dengan aluminium foil, dan ditambahkan perekat pada bagian pinggir wadah dengan tujuan supaya ketika ditutup, wadah akan semakin kedap dan aluminium foilnya tidak mudah sobek. Wadah pendingin yang digunakan, di dalam wadah tersebut ditambahkan lagi bongkahan es dengan tujuan untuk menjaga kondisi wadah agar tetap dingin

dan sistem pendingin akan bertahan lebih lama.

Adapun cara kerja alat ini yaitu membuat larutan NaCl 3,9 m sebanyak 200 ml air kedalam plastik es dan membekukannya didalam freezer. larutan sukrosa dengan konsentrasi 0,3 m dibuat dan sebanyak 5 ml larutan sukrosa 0,3 m dimasukkan kedalam tabung reaksi. Aquades sebanyak 5 ml dimasukkan pula kedalam tabung reaksi yang berbeda. Termometer yang digunakan digantungkan pada pengkait yang terdapat pada modifikasi statif kayu.

Toples kaca diletakan dibawah statif kayu. Kemudian masing-masing larutan sukrosa dan aquades yang terdapat dalam tabung reaksi dimasukkan kedalam toples kaca dan dihubungkan pada termometer raksa yang sudah digantung pada pengkait statif berbahan kayu. Selanjutnya, es larutan garam 3,9 m yang sudah dibekukan, dihancurkan, dan dimasukkan kedalam toples kaca. Kemudian penurunan suhu yang terbentuk hingga kristal pertama muncul terus diamati, dicatat hasilnya, dan hasil yang diperoleh dibandingkan dengan teori.

*Uji keberfungsian alat.* Hasil uji keberfungsian alat disajikan pada Gambar 7. Berdasarkan hasil uji keberfungsian alat menunjukkan seluruh komponen alat memiliki kriteria baik sekali dengan rata-rata persentase sebesar 100%. Oleh sebab itu, seluruh komponen alat penentuan titik beku larutan dengan modifikasi sistem pendingin sangat layak digunakan sebagai alat praktikum penurunan titik beku larutan.



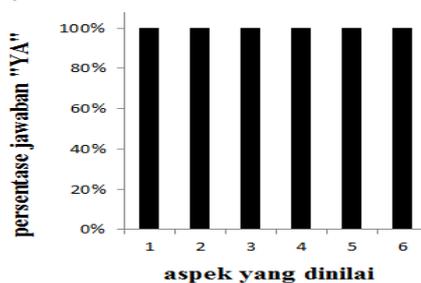
Keterangan :

1 = sistem pendingin; 2 = toples kaca; 3 = penjepit kayu; 4 = tabung reaksi; 5 = termometer; 6 = papan kayu besar; 7 = papan kayu kecil; 8 = paku yang menempel; 9 = lubang penahan; 10 = kayu penahan; 11 = wadah es; 12 = Bongkahan es

**Gambar 7.** Hasil uji keberfungsian alat

### Uji Coba Awal

Hasil dari tanggapan guru terhadap alat praktikum berdasarkan aspek-aspek yang dinilai dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan hasil rata-rata penilaian kedua guru terhadap kelayakan alat praktikum penurunan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem pendingin, memiliki kriteria kelayakan alat dengan presentase rata-rata kelayakan alat sebesar 100%.



Keterangan :

1 = keterkaitan dengan bahan ajar; 2 = nilai pendidikan; 3 = ketahanan alat; 4 = efisiensi penggunaan alat; 5 = keamanan bagi siswa; 6 = keakuratan

**Gambar 8.** Diagram hasil tanggapan guru terhadap kelayakan alat.

Hal ini menunjukkan bahwa alat praktikum penurunan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem pendingin sangat layak digunakan sebagai alat praktikum penurunan titik beku larutan dalam kegiatan praktikum di sekolah.

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil validasi desain, validasi alat, uji keberfungsian, dan tanggapan guru terhadap alat-alat penurunan titik beku larutan dengan memodifikasi sistem pendingin hasil pengembangan, dapat disimpulkan bahwa alat yang dikembangkan tersebut sangat layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah.

### DAFTAR R UJUKAN

Baeti, N. S. 2014. Pembelajaran Berbasis Praktikum Bervisi Sets Untuk Meningkatkan Keterampilan Laboratorium Dan Penguasaan Kompetensi. *Journal Inovasi Pendidikan Kimia*. 8 (1). 1260-1270.

Brady, J. E. 1990. *General Chemistry*. 5<sup>th</sup> Edition. John Wiley&Sons. New York. (-), 705.

Dillon, J. 2008. *A Review of the Research on Practical Work in School Science*. Score Education.

Karunakaran, K. 1987. Beckman Freezing Point Method: Easy Arresting of super-cooling. *Journal of chemical education*. 55(1), 42.

Kerr, S. dan Runquist, O. 2005. Are We Serious About

- Preparing Chemists For The 21<sup>st</sup> Century Workplace or Are We Just Teaching Chemistry?. *Journal of Chemical Education*. 82(2), 231-239.
- Marzzacco, C., dan M. Collins. 1981. Convenient Freezing Point Depression Apparatus. *Journal of Chemical Education*. 57(9), 650.
- Made, I. N., dan Harap, F. 2015. Analisis Sarana dan Intensitas Penggunaan Laboratorium Terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa SMA Se-Kota Tanjungbalai. *Jurnal Tabularasa*. 12(1), 90-91.
- Permatasari, E. R., Yuanita, L., dan Suyono. 2014. Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Pada Materi Sifat Koligatif Larutan. *Jurnal Pena Sains*. 1 (2), 2407-2311.
- Rosenberg, J. 1996. *Kimia Dasar. Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta.
- Salirawati, D., Wijaya, A., dan Pujianto. 2011. Pelatihan Pengembangan Praktikum IPA Berbasis Lingkungan. *Jurnal Inotek*. 15 (1). 98-99.
- Santoso, Singgih. 2010. *Statistik Non Parametrik konsep dan aplikasi dengan SPSS*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Singman, C., J. Sophlanopoulos, dan R. Johnson. 1982. A Convenient Melting/-Freezing Point Depression Apparatus. *Journal of Chemical Education*. 59(8), 682.
- Sudjana, N. 2005. *Metode Statistika Edisi keenam*. Bandung: PT. Tarsito.
- Setyosari. P. 2015. *Metode penelitian dan pengembangan*. Jakarta : Kencana Prenada Media Group.
- Shulman, L. S. and Tamir, P. 1973. Research on teaching in the natural science. In R.M.W.T Travers (ed). *Second Handbook of Research on Teaching*. Chicago. Rand and Mc Nally.
- Soleman. 2011. Air Sebagai Sarana Peningkatan IMTAQ (Integrasi Kimia dan Agama). *Jurnal Sosial dan Budaya*. 8 (2).
- Wardani, S. 2008. Pengembangan Keterampilan Proses Sains Dalam Pembelajaran Kromatologi Lapis Tipis Melalui Praktikum Skala Mikro. *Jurnal Inovasi Pendidikan*. 2 (2), 317-322.