

ALAT PENENTUAN PENURUNAN TITIK BEKU LARUTAN BERBAHAN DASAR PLASTIK

Nova Dwipantara*, Noor Fadiawati, Lisa Tania

FKIP Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1

*Corresponding author, tel: 08986397356, email: novadwipantara43@gmail.com

Abstract: *The Plasticware-Based Apparatus in Determining of Solution Freezing Point Depression. This research was aimed to develop the plasticware-based apparatus in determining of solution freezing point depression that was conducted by five steps in research and development design until product revision. The result of design validation apparatus had very good criteria for suitability concept; abundant materials, ease in store, removable, observable; safety, and durability, except achievable cost and based on plasticware aspect. Based on the result of feasibility validation, this apparatus had very good criteria for the aspects of the relevancy with teaching, abundant materials, educational value, durability, the efficiency, and safety for students, except accuracy aspect. All of apparatus's component on the functional testing results and teacher's response were also had very good criteria. Based on the research result, it could be conclude that developed apparatus was feasible to be used in the learning.*

Keywords: *apparatus, colligative properties, freezing point depression, plasticware.*

Abstrak: **Alat Penentuan Penurunan Titik Beku Larutan Berbahan Dasar Plastik.** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik, yang diperoleh melalui lima tahapan pada desain penelitian dan pengembangan hingga tahap revisi produk. Hasil validasi desain terhadap alat menunjukkan kriteria baik sekali pada aspek kesesuaian dengan konsep; kemudahan memperoleh bahan, penyimpanan, pemindahan, pengamatan; keamanan, dan ketahanan; kecuali pada aspek keterjangkauan biaya dan berbahan dasar plastik. Berdasarkan hasil validasi terhadap kelayakan alat, menunjukkan bahwa aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, dan keamanan bagi siswa memiliki kriteria baik sekali; kecuali pada aspek ketepatan pengukuran. Seluruh komponen alat pada hasil uji keberfungsian dan hasil tanggapan guru terhadap alat yang dikembangkan, juga menunjukkan kriteria baik sekali. Berdasarkan hasil penelitian, alat praktikum yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran.

Kata kunci : alat praktikum, penurunan titik beku, barang-barang berbahan plastik, sifat koligatif.

PENDAHULUAN

Sifat koligatif larutan diartikan sebagai sifat yang tidak bergantung

pada jenis zat terlarut, akan tetapi hanya bergantung pada jumlah partikel zat terlarut (molekul/ion)

yang ada dalam suatu larutan. Ada beberapa sifat larutan yang termasuk dalam sifat koligatif, salah satunya adalah penentuan titik beku larutan. Penurunan titik beku larutan adalah selisih antara titik beku suatu pelarut dengan titik beku larutan, yang diakibatkan adanya penambahan zat terlarut dalam pelarut tersebut.

Berdasarkan cetak biru kurikulum pendidikan di Indonesia, konsep ini secara eksplisit tercantum dalam kompetensi dasar kimia 4.1 kelas XII. Pada kompetensi dasar tersebut, siswa diharapkan dapat menyajikan hasil analisis berdasarkan data percobaan terkait penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis larutan (Tim Penyusun, 2013). Nampak bahwa kompetensi dasar tersebut menuntut siswa melakukan praktikum untuk memperoleh data percobaan, yang selanjutnya dianalisis agar dapat dikomunikasikan secara lisan maupun tertulis. Dengan demikian untuk memperoleh konsep tersebut, dalam pembelajarannya disertai kegiatan praktikum.

Pembelajaran kimia yang berbasis keterampilan meliputi *minds-on* dan *hands-on*. Kegiatan *minds-on* dilakukan untuk membangun konsep dengan mengandalkan aktivitas otak, sedangkan kegiatan *hands-on* dilakukan untuk mendapatkan konsep berupa aktivitas atau kerja praktikum. (Nasution dkk., 2015; Selco dkk., 2013; Lin, 1998; Broman dan Simon, 2014; Zakiyah dkk., 2014; Zulaiha dkk., 2014; Hoistermann dkk., 2010). Kegiatan praktikum dapat membuat proses belajar siswa menjadi lebih bermakna sehingga siswa dapat menemukan sendiri konsep yang dipelajari dan dapat menguji kebenarannya secara nyata (Hodson, 1990; Garnett dkk., 1995; Hofstein &

Lunetta, 2004; Hofstein & Naaman, 2007; Abrahams & Millar, 2008; Astuti, dkk., 2012; Ningrum, dkk., 2015).

Agar kegiatan praktikum tersebut dapat dilakukan di sekolah, dibutuhkan suatu sarana dan prasarana yang memenuhi standar yang ada. Sarana yang diperlukan dalam bentuk ruang laboratorium sebagai tempat pelaksanaan praktikum dan prasarananya dalam bentuk ketersediaan alat dan bahan untuk melakukan percobaan. Akan tetapi, Nurrohman (2012) dan Hanif dkk.(2013), melaporkan bahwa sebagian besar guru dan siswa masih jarang melakukan kegiatan praktikum karena keterbatasan waktu dan minimnya peralatan praktikum di laboratorium sekolah. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Mairisiska dkk., (2014) dan Permatasari dkk. (2014), yang melaporkan bahwa siswa yang tidak melakukan kegiatan praktikum pada materi tersebut mengalami kesulitan karena hanya menyelesaikan rumus praktis tanpa menggali pemahaman konsep yang sebenarnya, sehingga hasil ulangannya banyak yang tidak mencapai kriteria ketuntasan minimal.

Ketidakterlaksanaan praktikum di sekolah juga didukung oleh hasil studi lapangan yang dilakukan di lima SMA yang tersebar di Kabupaten Lampung Utara, Pesawaran dan Bandar Lampung. Dari studi lapangan tersebut, diperoleh informasi bahwa sebanyak 40% sekolah tersebut tidak dilaksanakan kegiatan praktikum penurunan titik beku larutan. Hal ini disebabkan adanya keterbatasan pada waktu pembelajaran dan penggunaan laboratorium yang dialih fungsikan menjadi ruang kelas. Dari sekolah yang dilaksanakan kegiatan praktikum, hanya sekitar

33,33% yang percobaan penurunan titik beku larutannya didasarkan pada konsep yang benar. Percobaan tersebut berupa penentuan titik beku pada larutan elektrolit dan non-elektrolit, akan tetapi hasil percobaannya menunjukkan larutan tidak mengalami pengkristalan sehingga titik bekunya tidak dapat diamati. Sebanyak 66,67% sisanya, praktikum yang dilakukan tidak ditentukan berdasarkan pada kehadiran kristal pertamanya sehingga suhu yang tercatat bukan merupakan titik beku larutan yang benar. Percobaan yang dilakukan meliputi pembuatan es krim dan pengukuran suhu es yang ditambahkan garam. Berdasarkan studi lapangan, guru menyatakan bahwa perlu dikembangkan alat praktikum titik beku larutan yang dapat mengamati sampai terbentuknya kristal.

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam mengembangkan alat penentuan penurunan titik beku larutan. Salah satu diantaranya pernah dikembangkan oleh Karunakaran (1978) dengan memodifikasi alat Beckmann. Kawat *stirer* platinum pada alat Beckmann diganti dengan kawat nikel untuk menghindari efek *supercooling*. Set alat Karunakaran tersebut, dimodifikasi lebih lanjut oleh Marzzacco dan Collins (1980) dengan mengaplikasikan sistem pendingin pada sistem terbuka dan mengganti *stirer* kawat dengan *stirer magnetic* sehingga pengadukan menjadi lebih konstan. Lebih lanjut, Singman dkk., (1982) memodifikasi set alat dari Marzzacco dan Collins dengan menggantikan termometer merkuri dengan sebuah multimeter TRMS-5000. Dilain pihak, Fosbol dkk., (2011) juga pernah mengembangkan set alat milik Beckmann tersebut dengan menambahkan unit akuisi data dan menggan-

ti beberapa bagian seperti gelas kimia dengan *thermostatic bath*, kawat *stirer* dengan *magnetic stirer*, dan sumbat karet dengan tutup sampel kaca.

Alat yang ada di sekolah maupun alat yang telah dikembangkan oleh para ahli, digunakan pada tekanan 1 (satu) atm. Akan tetapi, tidak teramati pembentukan kristal pada alat yang ada di sekolah dimungkinkan karena penggunaannya pada tekanan tersebut. Berbeda halnya dengan alat yang telah dikembangkan oleh ahli, kristalnya dapat teramati karena kompleksitas alatnya lebih tinggi. Selain itu, bahan-bahan yang digunakan pada alat tersebut relatif mahal dan hampir ketersediannya tidak ditemui di laboratorium sekolah. Oleh sebab itu, perlu dikembangkan alat yang komponennya tersedia di laboratorium sekolah mengikuti set alat milik Beckmann dengan hanya mengubah tekanannya menjadi di bawah 1 (satu) atm.

Penurunan tekanan sistem dapat dilakukan dengan cara menggunakan suatu pompa vakum. Hacks (2015) melakukan perangkaian set pompa vakum yang berasal dari beberapa barang plastik akuarium. Set pompa tersebut mampu memvakum udara dari dalam botol kaca sebagai reaktornya. Pompa yang berasal dari plastik tersebut dapat dijadikan referensi sebagai sebuah pompa vakum yang murah, mudah dibuat, dan diperoleh, yang mampu memberikan kondisi tekanan sistem dibawah 1 atm pada percobaan. Modifikasi alat dengan mengaplikasikan tekanan di bawah 1 atm akan membantu larutan mengkristal pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan percobaan yang dilakukan pada tekanan 1 atm. Kondisi mengkristal pada larutan akan lebih cepat tercapai sehingga titik bekunya dapat ditentukan.

Selain pompa vakum plastik yang mampu mengendapkan udara, barang-barang berbahan plastik lainnya bisa dijadikan referensi juga untuk mengurangi tekanan sistem karena sifatnya yang kedap, tahan lama, relatif murah dan mudah dirangkai. Beranjak dari berbagai permasalahan yang ada, pada artikel ini akan dibahas terkait hasil alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang telah dikembangkan.

METODE

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

Penelitian dan Pengumpulan Data

Tahap penelitian dan pengumpulan data terdiri atas studi lapangan dan studi pustaka. 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 yang tersebar di Kabupaten Lampung Utara, Bandar Lampung, dan Pesawaran, yaitu SMA Negeri 8 Bandar Lampung, SMA Negeri 1 Kotabumi, SMA Negeri 3 Kotabumi, SMA Negeri 4 Kotabumi, dan SMA Negeri 1 Padang Cermin. Data diperoleh dengan mewawancarai 5 orang guru kimia kelas XII dan memberikan kuesioner kepada 108 siswa kelas XII. Data yang diperoleh dari hasil wawancara dan kuesioner tersebut diklasifikasi, ditabulasi, dan dipersentasekan jawaban yang diperoleh dengan menggunakan rumus :

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

dimana, $\%J_{in}$ 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 dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kriteria pengembangan alat praktikum yang baik dan pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan yang telah dikembangkan.

Perencanaan

Pada tahap ini ditentukan kriteria barang-barang yang digunakan dalam pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan. Barang-barang yang digunakan harus dapat mengkondisikan percobaan dengan tekanan sistem di bawah 1 atm .

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 dilakukan untuk mengetahui kelayakan desain alat hasil pengembangan untuk direalisasikan menjadi alat penentuan penurunan titik beku larutan. Validasi 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 penyimpanan, kemudahan pemindahan, kemudahan pengamatan, keamanan, ketahanan, keterjangkauan biaya dan berbahan dasar plastik

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 hasil pengembangan. Uji keberfungsian ini dilakukan dengan memberikan kuesioner kepada 10 orang mahasiswa Pendidikan Kimia FKIP Unila setelah melaksanakan kegiatan praktikum menggunakan alat hasil pengembangan.

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

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

dimana, $\%J_{in}$ persentase jawaban-i, $\sum J_i$ jumlah skor pada jawaban-i, dan N jumlah skor total (Sudjana, 2005).

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

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

dimana, $\overline{\%X_i}$ rata-rata persentase kuesioner/wawancara-i tiap aspek,

$\sum \%X_{in}$ jumlah persentase pada kuesioner/ wawancara-i tiap pernyataan dan n jumlah pernyataan tiap aspek (Sudjana, 2005).

Hasil persentase yang diperoleh, ditafsirkan untuk memperoleh sebuah pernyataan secara kualitas. Tafsiran yang digunakan berdasarkan tafsiran Arikunto (1997) yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tafsiran persentase skor

Persentase Skor	Kriteria
81 – 100	Baik sekali
61 – 80	Baik
41 – 60	Cukup
21 – 40	Kurang
0 – 20	Sangat kurang

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 penurunan titik beku

larutan berbahan dasar plastik yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dan Pengumpulan Data

Studi lapangan. Hasil studi lapangan menunjukkan bahwa 40% guru tidak mengakomodasi siswa melakukan kegiatan praktikum penurunan titik beku larutan dengan alasan keterbatasan waktu dan pengalihfungsian ruang laboratorium sebagai ruang kelas. Sisanya, guru mengakomodasi siswa melakukan kegiatan praktikum karena ketersediaan alat praktikumnya dirasa lengkap dan mudah digunakan. Dari guru yang mengakomodasi siswa melakukan praktikum, hanya 33,33% saja yang percobaannya didasarkan pada konsep yang benar.

Hasil angket dengan responden siswa menyatakan bahwa larutan yang diuji tidak mengalami pembekuan pada penentuan titik beku pada larutan elektrolit dan non-elektrolit, sehingga tidak dapat diamati titik beku larutannya. Pada pembuatan es krim, titik beku larutan ditentukan setelah campuran membeku seutuhnya sehingga percobaan tersebut berlawanan pada konsep titik beku larutan yang ditentukan pada kehadiran kristal pertamanya, sedangkan pada pengukuran suhu yang ditambahkan garam, tidak mungkin dapat ditentukan titik beku larutannya karena es tersebut akan mencair pada kondisi ruang dan suhu yang terbaca pada termometer hanya menunjukkan penurunan suhu saja.

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.

Studi pustaka. Hasil studi pustaka terhadap pengembangan alat praktikum yang baik harus memenuhi kriteria aspek kelayakan alat yang meliputi aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, ketepatan pengukuran, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi peserta didik, dan kemudahan penyimpanan (Tim Penyusun, 2011).

Lebih lanjut, 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 Marzacco 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 Marzacco 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.

Dilain pihak, Fosbol dkk., (2011) juga pernah mengembangkan set alat milik Beckmann dengan menerapkan sistem tertutup, menambahkan unit akuisi data, dan mengganti beberapa komponennya, seperti gelas kimia dengan *thermostatic bath*, kawat

stirer dengan *magnetic stirer*, dan sumbat karet dengan tutup sampel kaca.

Berdasarkan studi lapangan dan studi pustaka, alat di sekolah dan alat yang dikembangkan ahli menggunakan tekanan sebesar 1 atm. Akan tetapi, pembentukan kristal tidak teramati pada alat di sekolah dengan menggunakan tekanan tersebut, sedangkan pada alat yang dikembangkan oleh ahli, pembentukan kristal teramati. Hal ini disebabkan kompleksitas alat yang dikembangkan ahli lebih tinggi. Sebagian besar modifikasinya dilakukan pada pengukur suhu dan pengaduknya, yang memiliki cara kerja lebih baik dibandingkan dengan komponen sebelumnya. Walaupun memiliki kelebihan tersebut, berbagai komponen penggantinya memiliki harga yang relatif mahal dan harus memiliki keahlian khusus dalam pengoperasiannya, sehingga ketersediaannya di sekolah hampir tidak ada. Oleh sebab itu, alat penentuan penurunan titik beku larutan yang dikembangkan mengikuti set alat milik Beckmann dengan menggunakan tekanan sistem di bawah 1 atm.

Penggunaan dengan tekanan di bawah 1 atm, diharapkan dapat membantu larutan mengkristal pada suhu

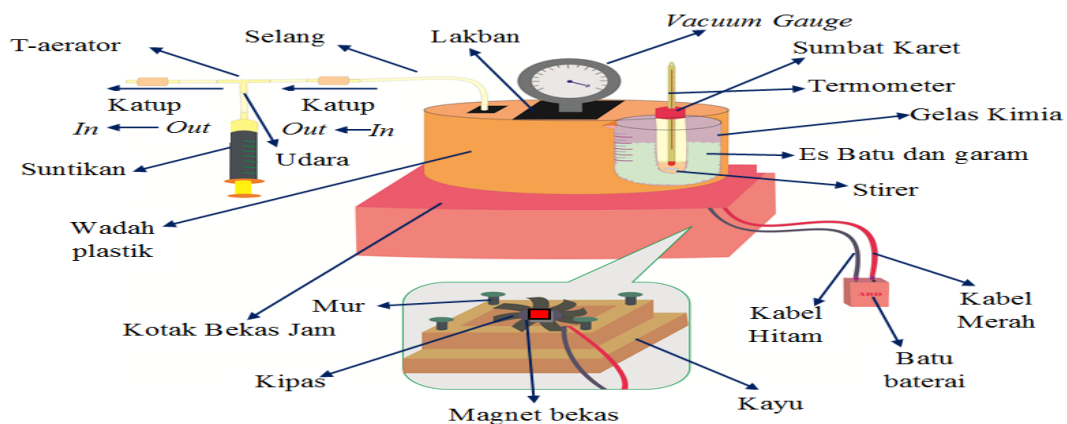
yang lebih tinggi sehingga titik bekunya dapat ditentukan lebih cepat dibandingkan dilakukan pada tekanan 1 atm. Adapun bahan-bahan yang digunakan sebagai komponen alat yang dikembangkan mudah diperoleh, tidak membutuhkan biaya yang cukup besar, ketersediaannya ada di laboratorium sekolah, dan dapat menurunkan tekanan sistemnya.

Perencanaan

Kriteria barang-barang yang digunakan dalam pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan adalah barang-barang berbahan dasar plastik yang dapat dikedapkan sehingga dapat dikondisikan tekanan sistemnya di bawah 1 atm. Hal ini disebabkan plastik mudah diperoleh, tahan lama, mudah dirangkai dan tidak membutuhkan biaya yang cukup besar untuk mendapatkannya.

Pengembangan Format Produk Awal

Pembuatan desain. Pembuatan desain dilakukan sebanyak empat kali perbaikan hingga diperolehnya desain terakhir penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang disajikan pada Gambar 1. Desain akhir ini meliputi tiga bagian utama, yaitu set



Gambar 1. Desain akhir alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik

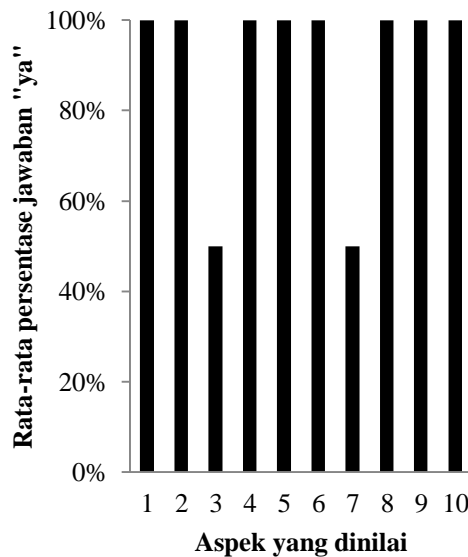
pompa vakum, wadah plastik, dan kotak bekas jam.

Set pompa vakum terdiri dari pompa suntik dan dua buah *check valve* akuarium berlawanan (katup *in* → *out* dan katup *out* ← *in*), yang masing-masing komponennya dihubungkan menggunakan selang udara pada T-aerator. Set pompa vakum ini berfungsi untuk menurunkan tekanan sistem wadah plastik.

Pada bagian ujung dalam wadah plastik terdapat gelas kimia, yang dimasukkan tabung reaksi berisi pelarut/larutan dan *magnetic stirrer*, sedangkan pada bagian tutup wadahnya, terdapat termometer yang terpasang pada sumbat karet dengan posisi skala menghadap samping. Tujuannya adalah untuk memudahkan pengamatan saat mencapai kondisi titik bekunya. Selain itu, pada bagian tutupnya terdapat *vacuum gauge* sebagai pengukur tekanan sistem dan selang udara sebagai jalannya udara keluar saat dilakukan pemvakuman.

Pada bagian dalam kotak bekas jam, terdiri dari kabel merah dan hitam yang terhubung pada kipas bermagnet. Kabel tersebut dihubungkan ke sebuah baterai untuk menggerakkan kipas sehingga gaya tarik magnet dan *magnetic stirrer* menyebabkan terjadinya pengadukan pelarut/larutan otomatis dalam tabung reaksi.

Validasi desain. Hasil validasi dari desain terakhir dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan hasil validasi desain tersebut, semua aspek menunjukkan kriteria baik sekali dengan persentase sebesar 100%, kecuali pada aspek keterjangkauan biaya dan berbahan dasar plastik dengan persentase 50% dan kriteria cukup. Kriteria cukup yang diperoleh pada kedua aspek tersebut disebabkan karena harga pembuatan alat praktikum yang dikembangkan relatif tinggi sebesar



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=berbahan dasar plastik; 8=keamanan bagi siswa; 9=keamanan bahan alat yang digunakan; 10=ketahanan alat.

Gambar 2. Hasil validasi desain

Rp. 381.000,-; dan komponen berbahan kaca seperti tabung reaksi dan gelas kimia, masih digunakan sebagai komponen alat. Hasil rata-rata persentase seluruh aspek kelayakan desain yang dikembangkan menunjukkan persentase sebesar 90% dengan kriteria baik sekali, sehingga desain alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik dinyatakan layak dikembangkan menjadi alat praktikum.

Pembuatan alat. Pembuatan alat yang dikembangkan pada awalnya didasarkan pada hasil desain tervalidasi akan tetapi, ditemukan beberapa kendala saat dilakukan pengujian dari alat tersebut. Oleh sebab itu, dilakukan penggantian komponen alat dan sampel yang disajikan dalam Tabel 2.

Hasil penggantian komponen pada alat penentuan penurunan titik beku larutan yang dikembangkan disajikan pada Gambar 3. Setelah komponen alat diganti, alat diuji kembali dengan menggunakan sampel aquades sebagai pelarut dan gula pasir dengan konsentrasi 0,1 m hingga 1,1 m sebagai larutan non-elektrolitnya. Percobaan tersebut dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk masing-masing sampel. Cara kerja dari alat tersebut, diawali dengan melakukan perakitan pada tiga bagian utamanya, yaitu kotak jam bekas, wadah plastik, dan set pompa vakum. Pada bagian ujung *check valve* akuarium dengan katup *in*→*out*, dihubungkan ke selang udara pada tutup wadah plastik. Wadah plastik tersebut ditutup hingga rapat dan diletakkan dengan posisi *magnetic stirrer* tepat berada diatas tanda yang ada pada kotak bekas jam. Udara dari dalam wadah plastik divakum maksimum hingga tekanan sistemnya

menjadi 61cmHg. Saat kondisi titik beku teramati pada pelarut/larutan, suhu yang ditunjukkan pada termometer dicatat sebagai titik beku pelarut/larutannya.

Pada hasil percobaan, diperoleh dua kondisi yang berbeda untuk mencapai kondisi titik bekunya. Kondisi titik beku pertama dicapai dengan membutuhkan waktu sekitar 15 menit untuk membentuk pengkristalan, sedangkan kondisi lainnya, titik beku dicapai dengan waktu sekitar 45 menit. Pada kondisi tersebut, suhu larutan akan turun hingga -3°C atau -4°C dan bertahan dengan tenggang waktu yang cukup lama. Beberapa saat kemudian, terjadi pengkristalan yang disertai dengan adanya kenaikan suhu hingga suhu larutan konstan.

Berdasarkan hasil percobaan, kondisi pertama adalah kondisi normal yang dialami pada penentuan titik beku suatu larutan, sedangkan kondisi kedua termasuk ke dalam

Tabel 2. Penggantian komponen alat dan sampel

No	Sebelum penggantian	Setelah penggantian	Alasan
1.	Sumbat karet dilem dengan posisi sejajar pada tutup wadah plastik	Sumbat karet dilem dengan salah satu posisi sisinya lebih tinggi pada tutup wadah plastik	Terjadi pergerakan tutup wadah plastik saat pemvakuman sehingga tekanan sistem naik kembali menjadi 1(satu) atm
2.	Karet piston suntikan	Karet piston suntikan ditambahkan isolasi tak berwarna dan vaselin	Terjadi gesekan antara piston dan badan pompa suntik sehingga sulit dilakukan penarikan pompa suntik
3.	Kotak bekas jam	Seluruh kulit kotak bekas jam ditutupi dengan lakban hitam	Terjadi pengelupasan kulit luar kotak akibat pengembunan campuran pendingin yang keluar dari wadah plastik
4.	Baterai	Adaptor (arus 7,5 A)	sering terputus aliran tegangan dari baterai sehingga gerak <i>stirer</i> menjadi tidak konstan
5.	Sampel yang digunakan larutan garam dapur, larutan gula pasir, dan aquades	Sampel yang digunakan hanya larutan gula pasir dan aquades	Pembentukan kristal tidak dapat teramati pada larutan garam dapur



Gambar 3. Alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik

peristiwa efek *supercooling*. Efek *supercooling* terjadi ketika pelarut/larutan masih berada dalam keadaan cair ketika berada di bawah titik bekunya tanpa terjadinya transisi fase. Suhu konstan yang dicapai setelah pembentukan kristal merupakan titik beku dari pelarut/larutan tersebut (Gholaminejad dan Hosseini, 2013; Muranaka dkk., 2008; Zhang dkk., 2014). Percobaan yang disertai efek *supercooling* terjadi pada seluruh sampel kecuali pada pengulangan larutan gula pasir 0,1 m yang kedua, percobaan larutan gula pasir 0,5 m pertama, dan ketiga pengulangan aquades

Hasil percobaan menggunakan alat tersebut, didukung oleh hasil penelitian Gholaminejad dan Hosseini (2013) terhadap perilaku *supercooling* air. Air yang bersuhu 65°C ditempatkan dalam pendingin yang suhunya -8°C . Pada saat mencapai suhu -7°C , air masih dalam fase cair dan bertahan hingga lima jam tanpa terjadinya pengkristalan. Pengkristalan terjadi saat penambahan umpan kristal berupa es ke dalam air. Namun, pada alat yang dikembangkan, pengkristalan muncul tanpa adanya pemberian umpan es.

Adapun hasil percobaan pelarut dan larutan menggunakan alat yang dikembangkan disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Berdasarkan hasil penentuan titik beku pelarut pada Tabel 3, maka diperoleh nilai K_f dari alat yang dikembangkan sebesar $1,9 \text{ K mol}^{-1}$. Hasil perhitungan titik beku larutan gula pasir menggunakan nilai K_f alat tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Perbandingan hasil percobaan dan hasil perhitungan larutan gula pasir menunjukkan nilai yang cukup berbeda, sehingga keakuratan dari alat yang dikembangkan masih terbilang minim. Grafik hasil percobaan dan hasil perhitungan larutan gula pasir disajikan pada Gambar 4. Hasil percobaan titik beku larutan gula pasir sebagai sumbu x dan hasil perhitungannya sebagai sumbu y. Grafik tersebut memiliki nilai R^2 sebesar 0,949. Nilai korelasi tersebut menunjukkan bahwa keduanya saling berhubungan dan memiliki rentang nilai yang serupa.

Tabel 3. Hasil percobaan aquades

1	Tf° ke- ($^{\circ}\text{C}$)		Tf° ($^{\circ}\text{C}$)	Tf° (K)
	2	3		
2,0	2,0	2,0	2,0	275

Tabel 4. Hasil percobaan larutan gula pasir

m	Tf ke- (°C)			Tf (°C)	ΔTf (°C)
	1	2	3		
0,1	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8
0,2	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
0,3	0,2	0,0	0,0	0,2	1,8
0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	1,8
0,5	0,0	-0,2	0,0	0,0	2,0
0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
0,7	-0,2	-0,2	0,0	-0,2	2,2
0,8	-0,2	-0,5	-0,5	-0,5	2,5
0,9	-1,0	-0,8	-1,0	-0,8	2,8
1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	3,0
1,1	-1,2	-1,0	-1,2	-1,2	3,2

Tabel 5. Hasil perhitungan larutan gula pasir

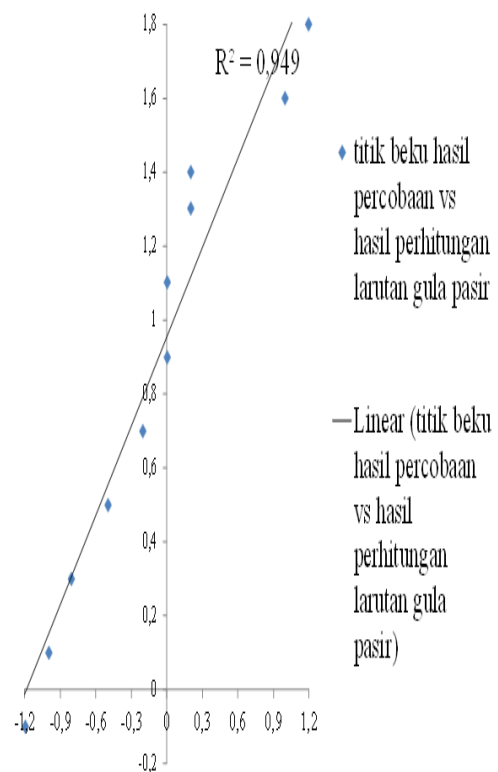
m	ΔTf (K)	Tf (K)	Tf (°C)
0,1	0,2	274,8	1,8
0,2	0,4	274,6	1,6
0,3	0,6	274,4	1,4
0,4	0,7	274,3	1,3
0,5	0,9	274,1	1,1
0,6	1,1	273,9	0,9
0,7	1,3	273,7	0,7
0,8	1,5	273,5	0,5
0,9	1,7	273,3	0,3
1,0	1,9	273,1	0,1
1,1	2,1	272,9	-0,1

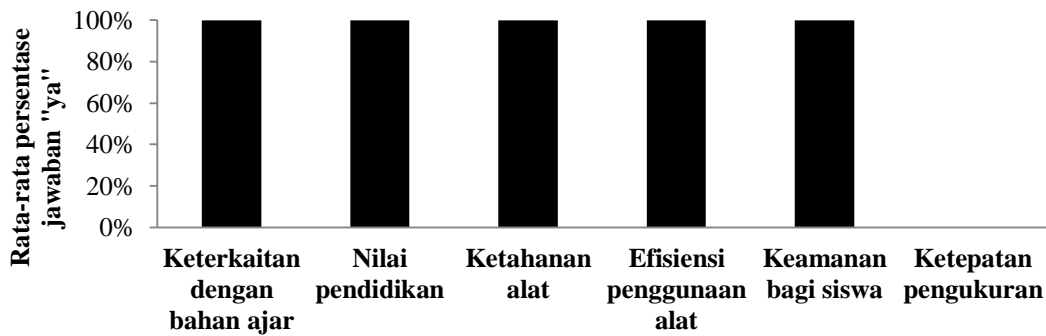
Validasi alat. Berdasarkan hasil percobaan yang diperoleh menggunakan alat yang dikembangkan, sudah mendekati hasil perhitungan, memiliki skala hasil yang serupa dan seluruh komponen alatnya sudah berfungsi sebagaimana mestinya, sehingga alat tersebut dilanjutkan pada validasi kelayakan alat. Hasil dari validasi alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan hasil validasi kelayakan alat yang dikembangkan

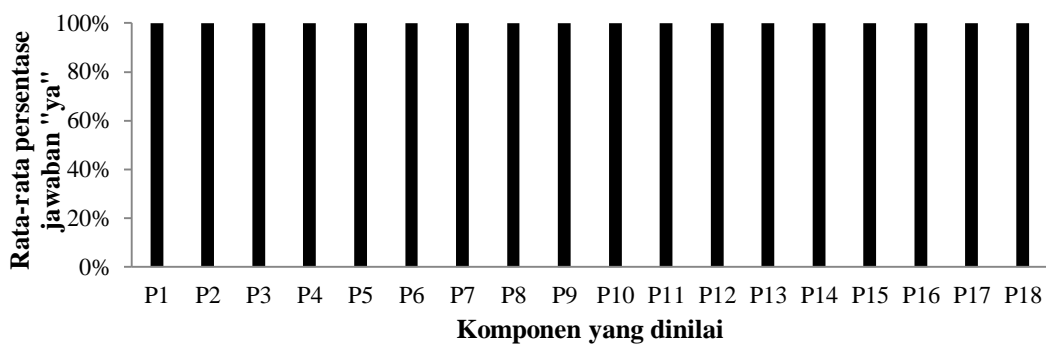
menunjukkan bahwa aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa memiliki persentase sebesar 100% dan kriteria baik sekali, kecuali pada aspek ketepatan pengukuran dengan persentase 0% dan kriteria kurang. Hasil percobaan titik beku larutan yang cukup jauh dengan hasil perhitungannya menyebabkan keakuratannya menjadi minim, meskipun memiliki rentang nilai yang serupa.

Hasil rata-rata persentase seluruh aspek kelayakan alat tersebut menunjukkan persentase sebesar 83,33% dengan kriteria baik sekali, sehingga alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran.

**Gambar 4.** Grafik hubungan titik beku hasil percobaan vs hasil perhitungan larutan gula pasir



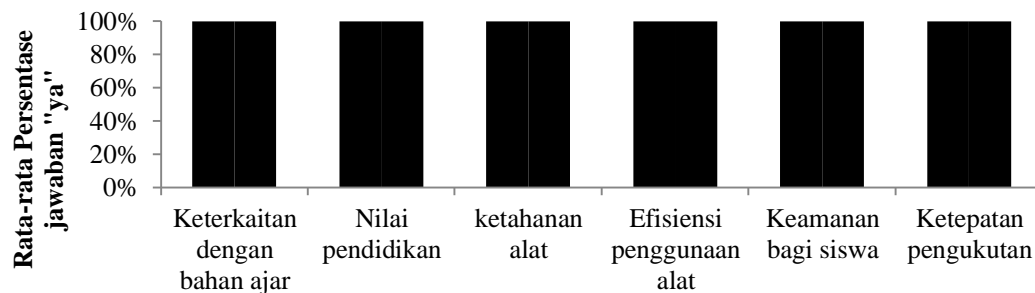
Gambar 5. Hasil validasi alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik



Keterangan:

- | | |
|--|--|
| P1:Keberfungsian pompa suntik | P10:Keberfungsian termometer |
| P2:Keberfungsian bantalan karet | P11:Keberfungsian gelas kimia |
| P3:Keberfungsian selang udara | P12: Keberfungsian tabung reaksi |
| P4:Keberfungsian <i>check valve</i> | P13:Keberfungsian <i>magnetic stirer</i> |
| P5:Keberfungsian T aerator | P14:Keberfungsian kawat dan kayu bekas |
| P6:Keberfungsian wadah plastik | P15:Keberfungsian kipas bermagnet |
| P7:Keberfungsian karet ban, lem china, lakban hitam, dan plester | P16:Keberfungsian alas kipas kayu |
| P8:Keberfungsian <i>vacuum gauge</i> | P17:Keberfungsian kotak hitam |
| P9:Kberfungsian sumba t karet | P18:Hasil percobaan |

Gambar 6. Hasil uji keberfungsian alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik



Gambar 7. Hasil tanggapan guru terhadap alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik

Uji keberfungsian. Hasil uji keberfungsian alat disajikan pada Gambar 6. 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 penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik dinyatakan berfungsi dengan baik.

Uji Coba Awal

Hasil tanggapan guru terhadap alat yang dikembangkan disajikan pada Gambar 7. Semua aspek yang dinilai memiliki kriteria baik sekali dengan rata-rata persentasenya sebesar 100% sehingga alat tersebut dapat membantu guru dalam pembelajaran penurunan titik beku larutan di sekolah.

Revisi Produk

Dalam pengembangan ini tidak dilakukan revisi pada alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik. Hal ini disebabkan tidak adanya saran perbaikan terhadap alat yang telah dikembangkan tersebut pada saat uji coba awal alat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil validasi desain, validasi alat, uji keberfungsian dan tanggapan guru terhadap alat penentuan titik beku larutan berbahan dasar plastik hasil pengembangan, maka disimpulkan bahwa alat yang dikembangkan tersebut dinyatakan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah dengan kriteria kelayakan baik sekali.

DAFTAR RUJUKAN

Abrahams, L., & Millar, R. 2008. Does practical work really work? a study of the effectiveness of practical work as a teaching and lear-

ning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14): 1945-1969.

Astuti, R., Sunarno, W., & Sudarisman, S. 2012. Pembelajaran IPA dengan pendekatan keterampilan proses sains menggunakan metode eksperimen bebas termodifikasi dan eksperimen terbimbing ditinjau dari sikap ilmiah dan motivasi belajar siswa. *Jurnal Inkuiri*, 1(1), 51-59.

Broman, K., dan Simon, S. 2014. Upper Secondary School Students' Choice and Their Ideas on How to Improve Chemistry Education. *Journal of Science and Mathematics Educations*. -(), 1-24.

Fosbol, P. L., Pedersen, M. G., dan Thomsen, K. 2011. Freezing Point Depressions of Aqueous MEA, MDEA, and MEA-MDEA Measured with a New Apparatus. *Journal of Chemical & Engineering data*. 56(4), 995-1000.

Garnett, P. J., Garnett, P. J., & Hacking, M. W. 1995. Refocusing the chemistry lab: A case for laboratory-based investigations. *Australians Science Teachers Journal*, 41(2): 26-32.

Gholaminejad, A., dan Hosseini, R. 2013. A Study of Water Supercooling. *Journal of Electronics Cooling and Thermal Control*. 3(1), 1-6.

Hacks M. S. 2015. *Make a Mason Jar Vacuum Sealer*. [online]. Available: <https://youtube/6RUEKKnTOPA>. [2nd of April 2016].

- Hanif, N., Sopandi, W., dan Kusrijadi, A. Analisis Hasil Belajar Level Makroskopik, Submikroskopik, dan Simbolik Berdasarkan Gaya Kognitif Siswa SMA Pada Materi Pokok Sifat Koligatif Larutan. *Jurnal Pendidikan Kimia*. 18(1). 116-123.
- Hofstein A. & Luneta, V. N. 2004. The laboratory in science education: Foundations for the twenty first century, *Science Education.*, 88 (1): 28-54.
- Hodson, D. 1990. A critical look at practical working school science. *School Science Review*, 70(256): 33-40.
- Hoistermann, N., Grube, D., dan Bogeholz, S. 2010. Hands-on Activities and Their Influence on Students' Interest. *Journal of Science Education*. 40(-), 743-757.
- Karunakaran, K. 1978. Beckmann Freezing Point Method: Easy Arresting of Supercooling. *Journal of Chemical Education*. 55(1), 42.
- Lin, H. 1998. The Effectiveness of Teaching Chemistry through the History of Science. *Journal of Chemical Education*. 75(10), 1326-1330.
- Mairisiska, T., Sutrisno, dan Asrial. 2014. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis TPACK pada Materi Sifat Koligatif Larutan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Edusains*. 3(1), 28-37.
- Marzacco, C., dan Collins, M. 1981. Convenient Freezing Point Depression Apparatus. *Journal of Chemical Education*. 57(9), 650.
- Muranaka, T., Kikuchi, Y., Yoshizawa, T., Shirakawa, N., dan Akimitsu, J. 2008. Superconductivity in Carrier-Doped Silicon Carbide. *Journal of Science and Technology*. - (-), 1-8.
- Nasution, R. H., Herpratiwi, dan Nyeneng, I. D. P. 2014. Peningkatan Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Melalui Pembelajaran Berbasis Laboratorium Pada Siswa Kelas VIII SMP Negeri 1 Pekalongan. *Jurnal Teknologi Informasi Komunikasi Pendidikan*. 2(4), 1-13.
- Ningrum, D. J., Mahardika, I. K., & Gani, A. A. 2015. Pengaruh Model Quantum Teaching dengan Metode Praktikum terhadap Kemampuan Multirepresentasi Siswa pada Mata Pelajaran Fisika Kelas X di SMA Plus Darul Hikmah. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(2): 116-120.
- Nurrohman, M. R. 2012. Alat Peraga Kimia Penentu Kenaikan Titik Didih (Boiling Point Elevation) Berbahan Dasar Seng Sebagai Media Pembelajaran dalam Praktikum Kimia di MA/SMA Kelas XII. *Skripsi: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga*.
- Permatasari, R. E., Yuanita, L., dan Suyono. 2014. Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing pada Materi Sifat Koligatif Larutan. 1(2), 11-18.
- Selco, J., Bruno, M., dan Chan, S. Discovery Periodicity: Hands-On, Minds-On Organization of the Periodic Table by Visualizing the

Unseen. *Journal of Chemical Education*. -(), 1-8.

Setyosari, P. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Jakarta: Kencana.

Sudjana, N. 2005. *Metode Statistika Edisi keenam*. Bandung: PT. Tarsito.

Tim Penyusun. 2011. *Pedoman Pembuatan Alat Peraga Kimia Sederhana Untuk SMA*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

Tim Penyusun. 2013. *Salinan Lampiran Pemendikbud No. 69 Tahun 2013 Tentang Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum SMA/MA*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia

Zakiyah, H., Adlim, dan Halim, A. 2014. Implementasi Model Pembelajaran Berbasis Masalah pada Materi Titrasi Asam Basa untuk Meningkatkan Keterampilan Generik Sains Mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia. *Lantanida Journal*. 1(1), 107-122.

Zhang, X., Niu, J., dan Wu, J. Y. 2014. PCM in Water Emulsions: Supercooling Reduction Effects of Nano-Additives, Viscosity Effects of Surfactants and Stability. *Journal of Engineering*. -(), 1-8.

Zulaiha, H., dan Ibrahim, A. R. 2014. Pengembangan Buku Panduan Praktikum Kimia Hidrokarbon Berbasis Keterampilan Proses Sains di SMA. *Jurnal Pendidikan Kimia*. 1(1), 87-93.