

**PENGEMBANGAN ALAT PENENTUAN PENURUNAN TITIK BEKU
LARUTAN BERBAHAN DASAR PLASTIK**

(Skripsi)

Oleh

NOVA DWIPANTARA



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN ALAT PENENTUAN PENURUNAN TITIK BEKU LARUTAN BERBAHAN DASAR PLASTIK

Oleh

NOVA DWIPANTARA

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik, yang diperoleh melalui lima tahapan pada penelitian dan pengembangan, meliputi tahap penelitian dan pengumpulan data, perencanaan, pengembangan format produk awal, uji coba awal hingga tahap revisi produk. Rata-rata aspek kelayakan pada aspek kesesuaian dengan konsep, kemudahan bahan, keterjangkauan biaya; kemudahan penyimpanan, pemindahan, pengamatan; berbahan dasar plastik, keamanan, dan ketahanan, diperoleh sebesar 90% pada hasil validasi desain alat dengan kriteria baik sekali. Hasil rata-rata aspek kelayakan, meliputi aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa dan ketepatan pengukuran pada validasi alat, dan hasil uji keberfungsian alat, diperoleh persentase berturut-turut sebesar 83,33%, dan 100% dengan kriteria baik sekali. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dapat disimpulkan alat hasil pengembangan ini layak dan dapat digunakan dalam pembelajaran penurunan titik beku larutan.

Kata Kunci : alat praktikum, penurunan titik beku larutan, plastik

**PENGEMBANGAN ALAT PENENTUAN PENURUNAN TITIK BEKU
LARUTAN BERBAHAN DASAR PLASTIK**

Oleh

NOVA DWIPANTARA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN

Pada

Program Studi Pendidikan Kimia
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN ALAT PENENTUAN
PENURUNAN TITIK BEKU LARUTAN
BERBAHAN DASAR PLASTIK**

Nama Mahasiswa : **Nova Dwipantara**

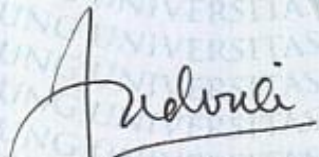
No. Pokok Mahasiswa : **1213023048**

Program Studi : **Pendidikan Kimia**

Jurusan : **Pendidikan MIPA**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**




Dr. Noor Fadiawati, M.Si.
NIP 19660824 199111 2 001


Lisa Tania, S.Pd., M.Sc.
NIP 19860728 200812 2 001

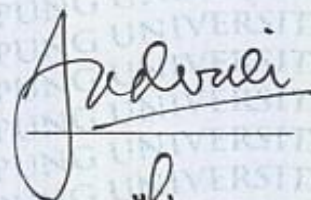
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA


Dr. Caswita, M.Si.
NIP 19671004 199303 1 004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Noor Fadiawati, M.Si.



Sekretaris : Lisa Tania, S.Pd., M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dra. Nina Kadaritna, M.Si.**



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. H. Muhammad Fuad, M.Hum.

NIP. 19590722 198603 1 003

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Agustus 2016

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nova Dwipantara
Nomor Pokok Mahasiswa : 1213023048
Program Studi : Pendidikan Kimia
Jurusan : Pendidikan MIPA

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata kelak di kemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 22 Agustus 2016



Nova Dwipantara
NPM 1213023048

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 28 November 1994 sebagai anak ketiga dari empat bersaudara, putri dari Bapak Ibrahim Hakim dan Ibu Hermalia.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) diselesaikan pada tahun 1999 di TK Islam Asy-Syihab Kotabumi, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Islam Ibnurusyd pada tahun 2000, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Negeri 7 Kotabumi pada tahun 2006 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 3 Kotabumi pada tahun 2009.

Terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Lampung pada tahun 2012. Selama menjadi mahasiswa, pernah bertanggung jawab sebagai Asisten Praktikum Kimia Fisik 1, Dasar-Dasar Kimia Analitik, Dasar-Dasar Pemisahan Analitik, Asisten Dosen Kimia Dasar 2, dan peserta seleksi tahap II bidang kimia Olimpiade Nasional MIPA PT tingkat wilayah tahun 2015. Selain itu, pernah aktif di dua organisasi fakultas, yaitu BEM sebagai staff ahli dinas PSDM periode 2013-2014 dan Himasakta sebagai anggota divisi kaderisasi periode 2013-2014 dan sebagai sekretaris divisi pendidikan periode 2014-2015. Sudah aktif mengajar privat kimia sejak semester 7 sampai sekarang.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

- ❖ Kado kecil teruntuk kedua malaikat terbaik dunia yang telah Kau ciptakan untukku. Malaikat-malaikat tak bersayap yang selalu mendukung anak egois, yang ingin berjuang di kakinya sendiri. Mah, Pak, terimakasih atas perjuangan dengan beribu-ribu tetes keringat dan air mata yang tertahan demi menjadikanku anak yang tidak merasa kekurangan sedikitpun. Semoga Allah membalas kasih sayangmu yang takkan pernah sanggupku balas hingga akhir nanti.
- ❖ Tiga peri sejak kecil, bang, mbak, dan adek, yang selalu menciptakan rasa rindu layaknya nafas dan detak jantung
 - ❖ Seluruh dosen yang menjadi inspirasi dan telah membimbing, mempercayai, serta menguatkan hingga memilih bertahan disini
- ❖ Sahabat seperjuangan pendidikan kimia serta rekan-rekan organisasi yang kokoh dan tetap bertahan meski kerap badai mengoyakkan hati.
 - ❖ Almamater tercinta Universitas Lampung

MOTTO

“Karena sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al Insyirah : 5-6)

“Perasaan tidak mampu, hanyalah perasaan yang menggambarkan ketidakpercayaan pada keberadaan Tuhan. Tidak ada istilah salah jurusan, letak kesalahannya hanya pada diri manusia itu sendiri, yang tak bertanggung jawab dan tak berusaha pada apa yang telah diamanahkan Tuhan padanya.”

-Nova Dwipantara-

“Tugas kita bukanlah untuk berhasil. Tugas kita adalah untuk mencoba karena di dalam mencoba itulah kita menemukan dan belajar membangun kesempatan untuk berhasil”

-Mario Teguh-

“Tanpa cinta, kecerdasan itu berbahaya, dan tanpa kecerdasan, cinta itu tidak cukup”

-B.J. Habibie-

SANWACANA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Alat Penentuan Penurunan Titik Beku Larutan Berbahan Dasar Plastik” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan. Shalawat serta salam tak lupa disanjungkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW.

Pada kesempatan ini, ucapan terima kasih dihanturkan kepada:

1. Bapak Dr. H. Muhammad Fuad, M.Hum., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Caswita, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA
3. Ibu Dr. Noor Fadiawati, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia sekaligus sebagai Pembimbing I, atas kesediaannya memberi bimbingan, motivasi, kritik dan saran dalam proses penyusunan dan perbaikan skripsi ini.
4. Ibu Lisa Tania, S.Pd.,M.Sc., selaku Pembimbing II sekaligus dosen proyek alat, atas kesediaannya memberi bimbingan, motivasi, kritik dan saran dalam proses penyusunan dan perbaikan skripsi ini.

5. Ibu Dra. Nina Kadaritna, M.Si., selaku dosen Pembimbing Akademik sekaligus sebagai Pembahas dan Validator, atas kesediannya memberi kritik, saran, dan motivasi dalam proses penyusunan dan perbaikan skripsi ini.
6. Bapak M. Mahfudz Fauzi S., S.Pd., atas kesediaannya sebagai Validator alat praktikum serta seluruh dosen Pendidikan Kimia atas ilmu yang telah diberikan.
7. Seluruh jajaran guru dan staff, SMA Negeri 8 Bandarlampung, atas kesediannya memberikan izin, waktu, dan tempat selama penelitian.
8. Keluarga besar tercinta yang memberi doa dan kekuatan yang luar biasa dari jauh
9. Sahabat-sahabat yang telah membuat momen gila selama ini, Facia, Niken, Dira, Dewi, Neng, Vivi, Nindya, Aa', Finna, Fitri, Ayam, Izu, Utia, Yho, dan Sendi.
10. Tim skripsi penurunan titik beku larutan, Rahmalita Tiari Putri, serta tim alat yang lain, Ari, Dika, Dita, Agung, Ervi, Ratna, Irma, dan Didi.
11. Keluarga besar pendidikan kimia, terkhususkan Carbon 2012 B
12. Keluarga besar Himasakta HeBaT periode 2014-2015, terkhususkan untuk para presidium putra berhati melankolis dan para presidium putri berhati *strong*
13. Keluarga besar KKN-KT Pekon Tawan Suka Mulya, rekan tim, Bapak peratin sekeluarga, masyarakat desa, serta SMPN Satap 3 Lumbok Seminung.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi besar harapan semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Amin.

Bandar Lampung, Agustus 2016
Penulis,

Nova Dwipantara

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian	9
E. Ruang Lingkup.....	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
A. Sarana dan Prasarana	11
B. Alat Praktikum	13
C. Diagram Fase	16
D. Kurva Pendinginan Pelarut Murni dan Larutan	18
E. Penelitian yang Relevan.....	18
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	24
A. Metode Penelitian	24
1. Penelitian dan pengumpulan informasi awal	25
2. Perencanaan	25
3. Pengembangan format produk awal	26
4. Uji coba awal	27
5. Revisi produk.....	27

B. Subyek dan Lokasi Penelitian.....	28
C. Sumber Data dan Data Penelitian	28
D. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	29
E. Instrumen Penelitian	30
F. Teknik Pengumpulan Data.....	33
G. Teknik Analisis Data.....	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
A. Hasil Penelitian	38
1. Penelitian dan pengumpulan data	38
2. Perencanaan	40
3. Pengembangan format produk awal	41
4. Uji coba awal	53
5. Revisi produk.....	54
B. Pembahasan.....	57
1. Pengembangan format produk awal	54
2. Uji coba awal	71
3. Faktor dan kendala pengembangan alat.....	73
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	74
A. Kesimpulan	74
B. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN.....	79
1. Hasil Wawancara Analisis Kebutuhan untuk Guru	79
2. Hasil Kuesioner Analisis Kebutuhan untuk Siswa	82
3. Gambar dan Deskripsi Desain Alat.....	84
4. Hasil Validasi Desain Validator 1	92
5. Hasil Validasi Desain Validator 2.....	95
6. Persentase Hasil Validasi Desain	98
7. Gambar dan Penjelasan Komponen Alat Penentuan Pe- nurunan Titik Beku Larutan Berbahan Dasar Plastik	99

8. Hasil Validasi Alat Validator 1	108
9. Hasil Validasi Alat Validator 2	111
10. Persentase Hasil Validasi Alat	114
11. Pengujian Alat	115
12. Instrumen Uji Keberfungsian.....	119
13. Hasil dan Persentase Uji Keberfungsian	123
14. Hasil Kuesioner tanggapan Guru 1	124
15. Hasil Kuesioner tanggapan Guru 2	127
16. Persentase Kuesioner respon Guru	130
17. Petunjuk Penggunaan	131
18. Penuntun Praktikum	139

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tafsiran skor(persen)	35
2. Pedoman penskoran pengisian jawaban pada kuisisioner	35
3. Tafsiran persentase skor jawaban kuisisioner validasi desain alat praktikum, validasi kelayakan alat praktikum, uji coba keberfungsian, serta tanggapan guru dan siswa.....	36
4. Tafsiran persentase skor jawaban keseluruhan kuisisioner validasi desain alat praktikum, validasi kelayakan alat praktikum, uji coba keberfungsian, serta tanggapan guru dan siswa.....	37
5. Hasil percobaan pelarut menggunakan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasarplastik setelah diiperbaiki	49
6. Hasil percobaan larutan gula dapur (sukrosa) menggunakan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik setelah diiperbaiki	49
7. Hasil perhitungan teoritis titik beku larutan gula dapur menggunakan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik setelah diiperbaiki	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram fase air	16
2. Diagram fase pelarut dan larutan	17
3. Kurva Pendinginan Pelarut Murni dan Larutan.....	18
4. Alat praktikum penurunan titik beku larutan Beckmann	19
5. Alat praktikum penurunan titik beku Marzzacco dan Collins.....	20
6. Alat praktikum penurunan titik beku Fosbol dkk.....	21
7. Set pompa vakum dari peralatan berbahan plastik.....	23
8. Alur pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan..	29
9. Desain pertama alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik	41
10. Desain kedua alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik	43
11. Desain ketiga alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik	44
12. Desain keempat alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik	45
13. Diagram hasil validasi ahli terhadap desain alat yang di- kembangkan	46
14. Alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik	47
15. Alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik setelah diperbaiki.....	48

16. Grafik hubungan antara titik beku larutan gula pasir eksperimen vs perhitungan.....	50
17. Grafik hubungan antara molalitas gula pasir vs T_f eksperimen	50
18. Diagram hasil validasi ahli terhadap alat	51
19. Diagram hasil uji coba keberfungsian alat	52
20. Diagram hasil tanggapan guru terhadap alat.....	53

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sains sebagai ilmu pengetahuan mulai dikenal dengan mengamati fenomena - fenomena yang ada di alam (Nuryanto dan Binadja, 2010). Sains menurut para ahli tidak hanya terdiri dari fakta, konsep, dan teori yang dapat dihapalkan, tetapi juga terdiri atas kegiatan atau proses aktif menggunakan pikiran dan sikap ilmiah dalam mempelajari gejala alam yang belum dijelaskan. Sikap ilmiah adalah sikap yang diharapkan muncul dalam suatu kerja ilmiah (Nasution dkk, 2014). Kerja ilmiah mampu mengembangkan penguasaan terhadap keterampilan proses sains dan sikap ilmiah melalui langkah-langkah yang dilakukan secara berurutan berupa metode ilmiah. Adapun salah satu tahapan pada metode ilmiah adalah melakukan kegiatan eksperimen (Suja, 2007).

Kimia sebagai cabang dari sains, memiliki karakteristik yang tidak dapat dipisahkan, yaitu sebagai sikap, produk (pengetahuan kimia yang berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori) temuan ilmuwan dan kimia sebagai proses, yaitu kerja ilmiah (Tim Penyusun, 2006). Produk kimia yang ada, diperoleh melalui suatu rangkaian kegiatan pembelajaran yang didasari oleh standar proses untuk mencapai standar kompetensi lulusan, yang salah satu sarannya mencakup pada pengembangan ranah keterampilan (Tim Penyusun, 2013a). Pada hakikatnya,

pembelajaran kimia yang berbasis keterampilan akan meliputi *minds-on* untuk membangun konsep dan *hands-on* untuk mendapatkan konsep berupa aktivitas atau kerja praktikum (Firman dan Widodo dalam Astuti, 2015). Pembelajaran berbasis praktikum mampu meningkatkan keterampilan proses sains dan hasil belajar siswa karena terlibat langsung dalam proses pembelajaran (Nasution dkk, 2014).

Kegiatan praktikum kimia di sekolah, dapat dilakukan jika memiliki kelengkapan prasarana berupa ruang laboratorium mengikuti standar sarana dan prasarana yang ada. Ruang laboratorium kimia, berfungsi sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pembelajaran kimia secara praktek yang memerlukan peralatan khusus (Tim Penyusun, 2007).

Kompetensi dasar 4.1 kelas XII adalah salah satu kompetensi dasar pada ranah keterampilan yang ada dalam pembelajaran kimia di Sekolah Menengah Atas (SMA)/Madrasah Aliyah (MA), yaitu siswa harus dapat menyajikan hasil analisis berdasarkan data percobaan terkait penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis larutan (Tim Penyusun, 2013b). Oleh sebab itu, untuk mencapai kompetensi tersebut, diperlukan suatu kegiatan praktikum.

Nurrohman (2012) melakukan penelitian dengan hasil sebagian besar guru dan siswa masih belum bisa melakukan kegiatan praktikum sifat koligatif, karena waktu yang cukup lama dan minimnya peralatan praktikum di laboratorium sekolah. Pembelajaran kimia harusnya tidak hanya fokus pada penanaman konsep saja, akan tetapi juga pada pengembangan sikap ilmiah yang dikembangkan

melalui suatu kegiatan praktikum di laboratorium. Hasil penelitian Mairisiska dkk. (2014) juga menunjukkan siswa yang tidak melakukan kegiatan praktikum pada pembelajaran materi sifat koligatif, mengalami kesulitan dalam memahami konsep karena hanya menghafalkan definisi dan menyelesaikan rumus praktis tanpa menggali pemahaman konsep yang sebenarnya, sehingga hasil ulangan yang ditunjukkan para siswa tersebut banyak yang tidak mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM).

Salah satu praktikum pada materi sifat koligatif larutan yang harus dilakukan di sekolah adalah praktikum penurunan titik beku larutan. Berdasarkan tanggapan guru dan siswa terhadap kuesioner angket analisis kebutuhan yang disebar di lima sekolah di Kabupaten Lampung Utara, Pesawaran dan Bandar Lampung, sebanyak 40% dari sekolah tersebut tidak melakukan kegiatan praktikum penurunan titik beku larutan. Hal ini disebabkan adanya keterbatasan pada waktu pembelajaran yang singkat, penggunaan laboratorium yang tidak pada semestinya dan adanya berbagai *event* yang menyita waktu pembelajaran kimia di sekolah. Sisanya, melakukan kegiatan praktikum tersebut karena alat praktikum yang ada di sekolah dirasa sudah lengkap dan mudah digunakan, akan tetapi hanya 20% saja yang menerapkan konsepnya dengan benar.

Salah satu sekolah yang melaksanakan kegiatan praktikum, melakukan percobaan penurunan titik beku larutan elektrolit dan non-elektrolit pada berbagai konsentrasi. Peralatan yang digunakan, yaitu tabung reaksi, termometer, sumbat gabus dan penjepit, yang dirangkai dan dimasukkan dalam gelas kimia berisi campuran pendingin yang dilakukan pada keadaan kamar. Hasil angket dengan responden

siswa dari sekolah tersebut menyatakan, bahwa larutan yang diuji pada percobaan tidak mengalami pembekuan, sehingga siswa tidak dapat mengamati titik beku larutan. Jika dilihat dari praktikum tersebut, kondisi membeku yang ingin dicapai pada percobaan, sejatinya akan sulit terjadi jika dilakukan pada keadaan kamar yang berarti tekanan sistemnya 1 (satu) atmosfer (atm). Pada tekanan tersebut, air yang berperan sebagai pelarut akan berwujud padat pada suhu 0°C . Penambahan zat terlarut dalam larutan akan mengakibatkan tekanan uap larutan menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tekanan uap pelarutnya sehingga titik beku larutan akan menjadi lebih rendah dari titik beku pelarutnya, yang berdampak pada penurunan titik beku larutan yang cukup besar (Castellan, 1983). Campuran pendingin yang terbatas pada penggunaan es dan garam, tentu akan sulit membekukan larutan dengan penurunan titik beku larutan yang cukup besar sehingga larutan menjadi tidak membeku seperti pada percobaan.

Salah satu sekolah lain, melakukan percobaan yang berbeda, yaitu mengukur suhu es yang ditambahkan garam dapur dengan termometer. Percobaan tersebut tidak sesuai jika disebut sebagai praktikum penurunan titik beku larutan. Hal ini didasari bahwa campuran es dan garam tersebut hanya merupakan campuran pendingin yang akan menurunkan suhu sehingga suhu yang terbaca pada termometer bukan merupakan titik beku larutan tersebut. Es tersebut akan mencair pada kondisi ruang sehingga tidak mungkin campuran es dan garam dapat ditentukan titik beku larutannya .

Berdasarkan pemaparan percobaan yang telah dilakukan di sampel-sampel sekolah, praktikum penurunan titik beku larutan belum diterapkan konsepnya

secara benar. Penentuan titik beku larutan dapat dilakukan jika kondisi larutan bukan sebatas pada penurunan suhu saja, akan tetapi pada kondisi mengkristal. Lebih lanjut, alat yang digunakan di sekolah pada praktikum tersebut, belum mampu untuk menentukan titik beku larutan pada kondisi yang mencapai titik bekunya.

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam mengembangkan alat penentuan penurunan titik beku larutan. Salah satu diantaranya pernah dikembangkan oleh Beckmann (Paselk,1998). Larutan yang akan ditentukan titik bekunya diletakkan dalam sistem tertutup menggunakan tabung berlapis dengan ukuran berbeda yang dilengkapi dengan *stirer* dari kawat platinum di dalamnya. Set alat tersebut selanjutnya pernah dikembangkan pula oleh Karunakaran (1978) dengan memodifikasi kawat *stirer* platinum dengan kawat nikel untuk menghindari efek *supercooling*. Marzzacco dan Collins (1980) juga mengembangkan set alat tersebut 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 TRMS-5000 yang merupakan sebuah multimeter. Fosbol dkk. (2011) juga pernah mengembangkan set alat milik Beckmann tersebut dengan menambahkan unit akuisi data dan mengganti beberapa bagian seperti gelas kimia dengan *thermostatic bath*, kawat *stirer* dengan *magnetic stirer*, dan sumbat karet dengan tutup sampel kaca.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan dan pengembangan set alat penentuan penurunan titik beku yang sudah ada, sebagian besar modifikasi dilakukan pada

pengukur suhu dan pengaduknya. Adapun sistem yang telah digunakan antara lain tertutup dan terbuka dimana dilakukan pada tekanan 1 (satu) atm. Modifikasi juga dilakukan dengan menambahkan sistem data akuisi dan sistem pendingin seperti *thermostatic bath* yang mampu menjaga suhu lebih baik dibandingkan hanya dengan menggunakan campuran pendingin dalam gelas kimia. Walaupun memiliki kelebihan-kelebihan tersebut, sistem data akuisi dan *thermostatic bath* memiliki harga jual yang relatif mahal dan harus memiliki keahlian khusus dalam pengoperasiannya, sehingga ketersediaannya di sekolah hampir tidak ada.

Beranjak dari berbagai permasalahan yang muncul, maka diperlukannya suatu alat penentuan penurunan titik beku larutan yang mudah dibuat, diperoleh, dan tidak membutuhkan biaya yang cukup besar, untuk mendapatkan hasil percobaan dengan menerapkan konsep yang benar, misalnya dengan menggunakan alat yang berbahan dasar plastik yang biasanya kedap, relatif murah, tahan lama, dan mudah dirangkai. Hacks (2015) pernah merangkai beberapa barang plastik yang dihubungkan dengan sebuah botol kaca membentuk sebuah pompa yang mampu memvakum udara. 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 (satu) atm pada percobaan. Pengaplikasian percobaan pada tekanan sistem yang lebih rendah dari 1 (satu) atm dapat memperkecil penurunan titik beku larutan sehingga kondisi membeku pada larutan dapat dicapai pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan percobaan pada tekanan 1 (satu) atm. Oleh sebab itu, penting dilakukannya “Pengembangan Alat Penentuan Penurunan Titik Beku Larutan Berbahan Dasar

Plastik” yang nantinya diharapkan setiap sekolah mampu melakukan kegiatan praktikum penurunan titik beku larutan dengan kondisi dan hasil yang sesuai.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. bagaimanakah desain alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik meliputi aspek kesesuaian dengan konsep, kemudahan bahan yang digunakan, keterjangkauan biaya; kemudahan penyimpanan, pemindahan, pengamatan; berbahan dasar plastik, ketahanan terhadap perubahan lingkungan, keamanan alat bahan yang digunakan serta keamanan bagi siswa?
2. bagaimanakah kelayakan alat penentuan penurunan titik beku larutan dengan berbahan dasar plastik yang dikembangkan meliputi aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa, dan ketepatan pengukuran?
3. bagaimana keberfungsian alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan?
4. bagaimanakah tanggapan guru terhadap alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan meliputi aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa, dan ketepatan pengukuran?
5. apa sajakah faktor pendukung yang dihadapi selama proses pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik?

6. apa sajakah kendala-kendala yang dihadapi selama proses pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. mendeskripsikan desain alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik meliputi aspek kesesuaian dengan konsep, kemudahan bahan yang digunakan, keterjangkauan biaya, kemudahan penyimpanan, pemindahan, pengamatan; berbahan dasar plastik, ketahanan terhadap perubahan lingkungan, keamanan alat bahan yang digunakan serta keamanan bagi siswa;
2. mendeskripsikan kelayakan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan meliputi aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa, dan ketepatan pengukuran;
3. mendeskripsikan keberfungsian alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan;
4. mendeskripsikan respon guru terhadap alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan meliputi aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa, dan ketepatan pengukuran;
5. mendeskripsikan faktor pendukung yang dihadapi selama proses pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik;

6. mendeskripsikan kendala-kendala yang dihadapi selama proses pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian mengenai alat penentuan penurunan titik beku larutan dengan pompa vakum berbahan dasar plastik, yaitu :

1. siswa

Pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik dapat membantu terlaksananya kegiatan praktikum penurunan titik beku larutan sehingga dapat mengembangkan keterampilan proses sains dan mempermudah siswa dalam memahami konsep penurunan titik beku larutan;

2. guru

Alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik dapat memberikan referensi bagi guru kimia sebagai alternatif alat praktikum yang dapat digunakan dalam kegiatan praktikum yang hasilnya lebih akurat dalam penentuan penurunan titik beku larutan;

3. sekolah

Alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik ini dapat menjadi tambahan informasi dan sumbangan ide dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran kimia di sekolah;

4. peneliti

Pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik dapat mengembangkan kemampuan keterampilan berpikir tingkat tinggi untuk lebih inovatif dan kreatif dalam memecahkan permasalahan yang ada.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. metode penelitian dan pengembangan adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan (Sukmadinata, 2011). Produk pendidikan yang dikembangkan pada penelitian ini adalah alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik;
2. materi pada penelitian ini adalah materi sifat koligatif larutan yang dikhususkan pada submateri penurunan titik beku larutan;
3. pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik adalah alat praktikum yang dapat mengukur penurunan titik beku larutan pada kondisi di bawah satu atmosfer dengan menggunakan bahan dasar plastik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sarana dan Prasana

Dalam lingkup pendidikan terdapat dua hal yang wajib dimiliki oleh setiap sekolah/madrasah, yaitu sarana dan prasana. Sarana didefinisikan sebagai perlengkapan pembelajaran yang dapat dipindah-pindah seperti perabot, peralatan pendidikan, media pendidikan, teknologi informasi dan komunikasi, serta buku dan sumber belajar lainnya. Prasarana adalah fasilitas dasar untuk menjalankan fungsi sekolah/madrasah yang terdiri dari lahan, bangunan, ruang-ruang, serta instalasi daya dan jasa (Tim Penyusun, 2007). UU No. 20 Tahun 2003 pasal 45 ayat 1 menyebutkan bahwa sarana dan prasarana disediakan oleh setiap satuan pendidikan formal dan nonformal dengan tujuan memenuhi keperluan pendidikan sesuai dengan pertumbuhan dan perkembangan potensi fisik, kecerdasan intelektual, sosial, emosional, dan kejiwaan siswa (Tim Penyusun, 2003).

Salah satu kelengkapan prasarana yang harus dimiliki oleh sebuah SMA/MA adalah ruang laboratorium kimia. Ruang ini berfungsi sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pembelajaran kimia secara praktek menggunakan peralatan khusus yang merupakan salah satu sarana yang harus dimiliki dalam laboratorium tersebut (Tim Penyusun, 2007).

Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian di lapangan oleh Burhan dalam Tim Penyusun (2011) menjelaskan bahwa kondisi fasilitas sarana dan prasarana laboratorium khususnya untuk pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di SMA/MA, hingga saat ini sebagai berikut :

1. fasilitas seperti alat dan bahan (zat kimia) yang ada jika dibandingkan dengan rasio jumlah pemakai laboratorium IPA sangat minim ketersediannya ;
2. biaya yang dialokasikan sekolah untuk menunjang kegiatan laboratorium tidak mencukupi;
3. adanya kecenderungan bahwa melakukan praktikum di laboratorium IPA tidak dapat diselesaikan dengan karena waktu yang pembelajaran yang tersedia tidak mencukupi;
4. beberapa bahan dan alat yang tersedia jumlahnya kurang sesuai dengan kebutuhan kegiatannya sehingga sering menyebabkan tertundanya suatu pelaksanaan praktikum;
5. belum dilakukannya penataan yang baik terhadap fasilitas, alat dan bahan yang akan digunakan dalam kegiatan praktikum;
6. penggunaan fasilitas dan peralatan yang tersedia di laboratorium IPA belum secara optimal sebagai tempat melaksanakan eksperimen.

Kondisi yang dipaparkan di atas memperlihatkan bahwa fasilitas di laboratorium, seperti alat dan bahan kimia belum termanfaatkan seutuhnya sehingga belum mampu menjadi sumber belajar yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan di sekolah (Tim Penyusun, 2011). Ketersediaan fasilitas, alat dan bahan masih minim karena tidak adanya perawatan khusus dan penggunaan yang belum optimal

dari laboratorium dalam pembelajaran kimia itu sendiri. Hal ini didukung juga oleh penelitian Rahmiyati (2008) tentang keefektifan pemanfaatan laboratorium di MA Yogyakarta. Pada penelitiannya menunjukkan bahwa kelengkapan sarana dan pemeliharaan alat dan bahan masih masuk dalam kategori kurang yang disebabkan karena tidak adanya tenaga untuk melakukan tugas pemeliharaan alat dan bahan secara khusus. Rosenlund (1987) menyatakan bahwa peralatan yang terdapat dalam suatu laboratorium pembelajaran kimia harus disimpan dalam pada kondisi yang terkendali, misalnya menyimpan peralatan laboratorium yang mahal dalam tempat yang dikunci.

B. Alat Praktikum

1. Definsi alat praktikum

Sitanggang (2013) menjelaskan alat peraga merupakan bagian dari media pembelajaran meliputi semua benda (dapat berupa manusia, objek atau benda mati) yang dapat merangsang pikiran, perhatian, kemampuan siswa, meningkatkan efektifitas dan kelancaran proses belajar serta memperjelas materi yang dipelajari sebagai perantara dalam proses pembelajaran. Menurut Widiyatmoko dan Pamelasari (2012) alat peraga adalah perantara yang mampu mengoptimalkan panca indera siswa untuk meningkatkan efektivitas siswa belajar dengan cara mendengar, melihat, meraba, dan menggunakan pikirannya secara logis dan realistik.

Regional Education Centre of Science and Mathematic dalam Hadi dkk. (2009) mengelompokkan alat menjadi tiga, yaitu sebagai berikut :

- a. alat praktik, adalah suatu alat atau set alat yang digunakan secara langsung untuk membentuk suatu konsep. Contoh alat praktek IPA: termometer. Termometer dapat digunakan untuk menanamkan konsep suhu dan kalor. Alat praktik IPA digunakan untuk melakukan kegiatan praktikum dan eksperimen;
- b. alat peraga, adalah alat yang digunakan untuk membantu memudahkan memahami suatu konsep secara tidak langsung. Termasuk ke dalam kelompok ini antara lain: model, karta, dan poster;
- c. alat pendukung, adalah alat yang sifatnya mendukung jalannya percobaan/eksperimen atau kegiatan pembelajaran yang lainnya. Contoh alat yang termasuk kelompok ini adalah pembakar spiritus, papan flanel, OHP, dan sebagainya.

Berdasarkan beberapa pendapat diatas, maka alat praktikum kimia dapat didefinisikan sebagai alat atau set alat yang digunakan sebagai perantara dalam proses pembelajaran membangun konsep kimia yang mampu mengoptimalkan panca indera dan pikiran siswa sehingga siswa mampu berpikir secara logis dan realistis.

2. Bentuk pengembangan alat praktikum

Kimia merupakan salah satu cabang dari rumpun IPA. Tim Penyusun (2011) menyatakan ada dua bentuk dalam pengembangan alat peraga praktik IPA sederhana, yaitu sebagai berikut :

- a. padanan alat yaitu alat yang dibuat dengan mengacu pada contoh alat yang sudah ada (alat praktik, alat peraga, alat pendukung) di laboratorium IPA. Misalnya : bel listrik sederhana atau cakram Newton;
- b. prototip yaitu alat baru yang sebelumnya tidak ada, atau dapat merupakan pengembangan dari alat yang sudah ada, pernah ada yang membuat namun kemudian dimodifikasi. Misalnya : slide proyektor atau episkop sederhana.

3. Manfaat pengembangan alat praktikum

Moor & Piergiovanni (2003) menyatakan dengan adanya pengembangan alat praktikum memungkinkan siswa melakukan beberapa percobaan dan

membantunya dalam menghubungkan berbagai aspek pelajaran. Lebih lanjut, alat praktikum juga membantu siswa memahami suatu konsep yang abstrak dalam teori menjadi lebih konkret dengan cara siswa mengimplementasikan solusi terhadap masalah yang ada sehingga siswa tidak hanya menganalisis, tetapi juga mensintesis.

4. Syarat dan kriteria pengembangan alat praktikum

.Sitanggang (2013) memaparkan pula syarat-syarat yang harus diperhatikan dalam pembuatan alat peraga, antara lain :

- a. bentuknya sederhana dan tahan lama dimana terbuat dari bahan yang tidak cepat rusak;
- b. bahan yang digunakan mudah diperoleh dan murah;
- c. mudah dalam penyimpanan dan penggunaannya;
- d. memperlancar pengajaran dan memperjelas konsep bukan membuat semakin rumit;
- e. pembuatan alat harus disesuaikan dengan usia anak;
- f. warna dan bentuknya menarik sehingga dapat menarik perhatian siswa.

Tim Penyusun (2011) juga menyebutkan beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam pengembangan Alat Peraga Praktik (APP) IPA sederhana sebagai berikut :

- a. bahan mudah diperoleh, (diantaranya dapat memanfaatkan limbah, diminta, atau dibeli dengan harga relatif murah);
- b. mudah dalam perancangan dan pembuatannya;
- c. mudah dalam perakitannya (tidak memerlukan keterampilan khusus);
- d. mudah dioperasikan dan menarik;
- e. dapat memperjelas/menunjukkan konsep dengan lebih baik;
- f. dapat meningkatkan motivasi peserta didik;
- g. akurasi cukup dapat diandalkan;
- h. tidak berbahaya ketika digunakan;

- i. menarik;
- j. daya tahan alat cukup baik (lama pakai);
- k. inovatif dan kreatif;
- l. bernilai pendidikan.

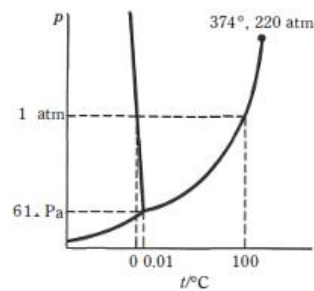
5. Aspek evaluasi dalam pengembangan alat praktikum

Ada lima aspek utama yang dipaparkan dalam Tim Penyusun (2011) dalam mengevaluasi keberhasilan suatu produk yang dihasilkan dari pengembangan APP IPA sederhana. Pertama, keakuratan dari hasil pengukuran dalam memperagakan suatu fenomena alam yang tidak menyebabkan kesalahan dalam konsep. Kedua, memiliki nilai pendidikan bagi siswa dimana siswa dapat memungkinkan mengkaji secara berulang-ulang, memperlambat, mempercepat, atau terbuka dalam memperlihatkan suatu fenomena yang ditampilkan dari alat peraga praktik tersebut. Ketiga, alat tersebut tidak membahayakan siswa saat digunakan. Keempat, lama-pakai alat yang relatif dapat dipakai secara berulang-ulang. Kelima, alat tersebut memiliki nilai estetika tinggi tanpa harus mengurangi kinerjanya.

C. Diagram Fase

1. Diagram fase air

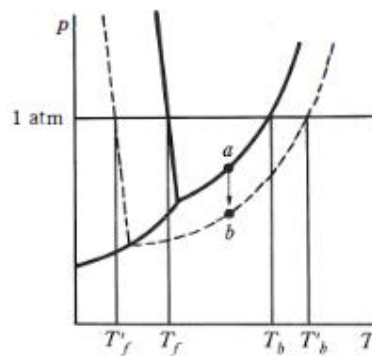
Air berada kesetimbangan pada tiga fase, yaitu padat, cair, dan gas pada titik tripelnya dengan suhu $0,01^{\circ}\text{C}$ pada tekanan 6,11 Pa. Titik beku air normal berada pada suhu $0,0002^{\circ}\text{C}$ pada tekanan 1 atm yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram fase air (Castellan, 1983)

2. Diagram fase pelarut dan larutan

Jika kurva tekanan uap dan kurva peleburan untuk pelarut dalam larutan ditumpang tindihkan pada diagram fase dari pelarut akan menghasilkan diagram pada Gambar 2 yang menunjukkan penurunan titik beku dan kenaikan titik didih.



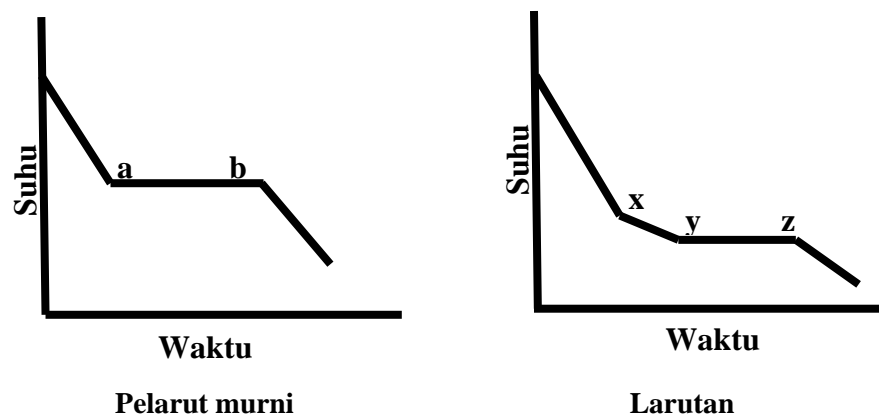
(**Keterangan :** $T'f$ adalah titik beku larutan dan Tf adalah titik beku pelarut. $T'b$ adalah titik didih larutan dan Tb adalah titik didih pelarut.)

Gambar 2. Diagram fase pelarut dan larutan (Castellan, 1983)

Kurva tekanan uap untuk larutan ditunjukkan oleh garis putus-putus dan kurva tekanan uap pelarut ditunjukkan oleh garis tegas. Jika sebuah zat nonvolatil ditambahkan dalam pelarut cair, maka tekanan uapnya menjadi lebih rendah pada setiap temperatur. Titik a ke b menunjukkan penurunan tekanan uapnya. Titik beku dan titik didih pada tekanan 1 atm, diperoleh dari perpotongan garis tegas vertikal

dengan garis tegas horizontal yang menyinggung kurva pada gambar 2. Diagram tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan konsentrasi zat terlarut akan memberikan efek penurunan titik beku yang lebih besar daripada kenaikan titik didih larutan.

D. Kurva Pendinginan Pelarut Murni dan Larutan



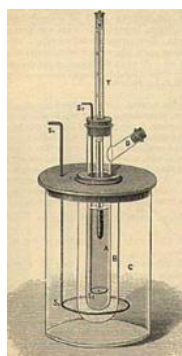
Gambar 3. Kurva Pendinginan Pelarut Murni dan Larutan

Kurva pendinginan untuk pelarut murni mempunyai satu garis datar a ke b dimana pembekuan sempurna terjadi. Kurva pendinginan untuk larutan mempunyai ke-
lokkan pada x, dimana pelarut mulai membeku, diikuti oleh garis datar y ke z yang menyatakan pembekuan kedua komponen sebagai campuran padatan (Suhu eute-
tik). Titik beku suatu larutan berada pada titik x dengan asumsi bahwa zat terlarut tidak larut dalam pelarut padatan (Petrucci, 1987).

E. Penelitian yang Relevan

Alat praktikum pada penurunan titik beku larutan pernah dikembangkan oleh beberapa penelitian. Beckmann (Paselk,1998) mengembangkan alat praktikum

penurunan titik beku larutan yang terdiri dari dua tabung ukuran berbeda yang dijadikan satu set dalam sebuah bejana yang dapat diisi dengan campuran pendingin. Tabung yang berukuran kecil dimasukkan ke dalam tabung yang ukurannya lebih besar dengan ditutup menggunakan sumbat gabus yang dapat dimasukkan termometer dan *stirer*. Pada bagian bejana juga diberi penutup dengan sumbat gabus yang terdapat *stirer* yang berasal dari kawat platinum yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat praktikum penurunan titik beku Beckmann (Paselk, 1998)

Set alat ini dikembangkan pula oleh Karunakaran (1978) dengan memodifikasi kawat *stirer* platinum dengan kawat nikel untuk menghindari *supercooling*. Ketika kristal menempel pada kawat *stirer* langsung dikeluarkan dari tabung dan dimasukkan sementara dalam lubang tambahan dalam penutup bejana pendingin dan ditarik dengan tujuan untuk mencegah lewat beku dengan segera tanpa mengubah konsentrasi sistem. Dilihat dari modifikasi tersebut, kawat nikel dapat menjadi solusi yang baik untuk menggantikan kawat platinum karena harganya relatif terjangkau.

Marzzacco dan Collins (1980) juga mengembangkan set alat Beckmann dengan mengaplikasikan pada sistem terbuka pada bejana pendinginnya dan

menggantikan beberapa bagian, seperti tabung diganti dengan erlenmeyer dan *stirer* kawat diganti dengan *magnetic stirer* dengan tujuan agar pengadukan lebih konstan dan konsisten yang ditunjukkan pada Gambar 5.

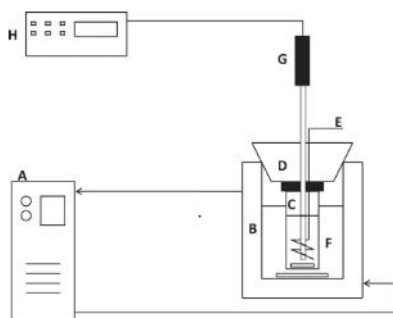


Gambar 5. Alat praktikum penurunan titik beku Marzzacco Collins (Marzzacco dan Collins, 1980)

Lebih lanjut, Singman dkk (1982) juga pernah memodifikasi set alat dari Marzzacco dan Collins dengan menggantikan pengukur suhunya dengan TRMS-5000 yang merupakan sebuah multimeter. Tujuannya untuk menghindari beberapa kelemahan dari termometer merkuri, antara lain kesulitan membaca suhu dan menghindari bahaya zat merkuri ketika termometer tersebut tidak sengaja pecah.

Fosbol dkk (2011) juga mengembangkan set alat milik Beckmann dengan menambahkan unit akuisi data Agilent 34970A dan mengganti beberapa bagian seperti gelas kimia dengan Lauda RE 110 *thermostatic bath*, kawat *stirer* dengan *magnetic stirer*, dan sumbat karet dengan tutup sampel kaca, yang set alatnya ditunjukkan pada Gambar 6. Kelebihan-kelebihan dari set alat ini antara lain Lauda RE 110 *thermostatic bath* dapat mengontrol suhu dibawah 233 K, unit akuisi data Agilent 34970A-nya dapat merekam suhu sampel, tekanan sistemnya tekanan atmosfer di bawah kondisi eksperimen, sampelnya diletakkan dalam jaket

pendingin rancangan Fosbol dkk., yang dapat membuat suhu konstan, dan *magnetic stirrer* yang ditempatkan dalam cairan pendingin sehingga membuat temperatur diluar sampel dalam gelas konstan.



Gambar 6. Alat penurunan titik beku Fosbol dkk. (Fosbol dkk., 2011)

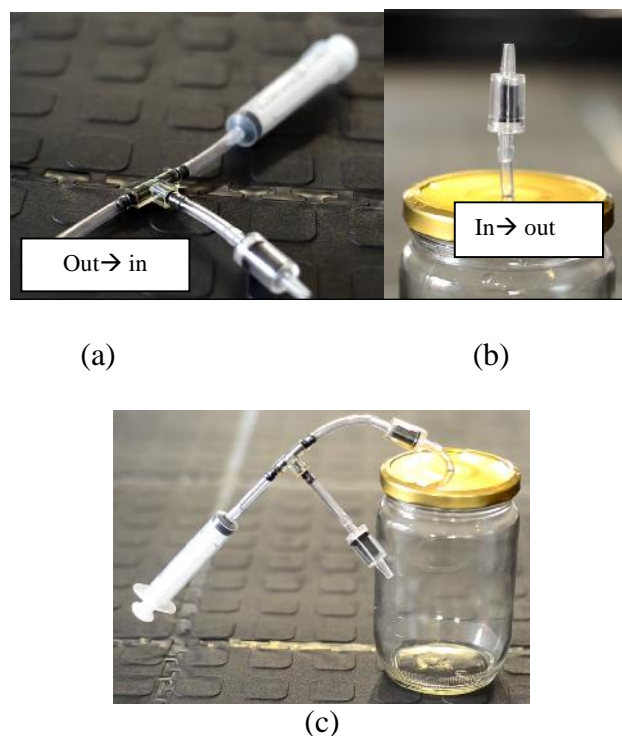
Ditinjau dari pengembangan alat Marzacco dan Collins, sistem terbuka dilakukan pada gelas kimia yang berisi campuran pendingin. Pengaplikasian sistem terbukanya dapat menyebabkan campuran pendingin menjadi lebih cepat cair karena es pada suhu ruang akan mencair. Hal ini dapat ditangani dengan campuran pendingin diletakkan dalam *thermostatic bath* seperti alat Fosbol dkk. yang mampu menjaga suhu hingga 233K, akan tetapi *thermostatic bath* memiliki harga yang mahal dan pengoperasiannya harus memiliki keahlian khusus. Oleh sebab itu, campuran pendingin pada alat Beckmann yang dibuat pada sistem tertutup dan terdapat *stirrer* dapat dijadikan solusi yang cukup baik agar campuran pendingin tidak mudah mencair.

Selain itu, jika ditinjau kembali pada alat Beckmann, sistem tertutup digunakan pada tabung berisi larutan, tetapi dengan adanya *stirrer* yang dapat dinaik turunkan pada sumbat gabus tabung tersebut, akan memungkinkan tekanan pada set alat tersebut sama dengan tekanan pada kondisi ruang sehingga kemungkinan larutan

akan sulit membeku sempurna pada tekanan 1 atm dengan hanya mengandalkan campuran pendingin pada gelas kimia. Hal ini dapat dimodifikasi dari alat Marzacco dan Collins dengan menggunakan *magnetic stirer* dalam larutan yang akan ditentukan titik bekunya sehingga suhu konstan dan tabung tersebut dapat dikondisikan dalam kondisi tertutup. Kondisi tertutup yang ada pada alat Marzacco tersebut pula belum dapat dipastikan tekanannya dibawah 1 atm seperti set alat Fosbol dkk. yang mampu menjaga tekanan sistemnya dibawah tekanan atmosfer pada kondisi eksperimen. Kekurangannya alat Fosbol dkk. ini memiliki set alat yang tidak murah sehingga pada kondisi yang tertutup pada alat Marzacco dan Collins dibutuhkan pemvakuman pada tabung sebelum dimasukkan larutan dengan tujuan agar didapatkannya kondisi tekanan sistem dibawah 1 atm sehingga larutan lebih mudah membeku dengan sempurna pada suhu yang lebih tinggi.

Pompa vakum yang ada saat ini harganya mahal dan ketersediannya di sekolah terbilang tidak ada, maka diperlukannya suatu pompa vakum buatan yang relatif murah yang mampu memberikan kondisi yang sesuai pada percobaan eksperimen. Pompa vakum sederhana pernah dikembangkan oleh Hacks (2015) dimana set pompa vakum tersebut terdiri dari barang-barang berbahan plastik yang relatif terjangkau, antara lain pompa suntik ukuran volume 50ml terbuat dari material polypropylene dengan harga sebesar Rp. 20.000,-/buah, selang udara dan T aerator terbuat dari material silikon dengan harga jual untuk selang udara sebesar Rp. 2.000,-/meter dan T aerator Rp. 600,-/buah, serta *check valve* yang terbuat dari material akrilik dan karet dengan harga sebesar 10.000/buah.

Set pompa vakum dirangkai dengan menghubungkan dua buah *check valve* yang dipasang posisinya berlawanan dan pompa suntik dengan menggunakan T aerator yang pada masing-masingnya telah disambungkan dengan selang udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Set pompa vakum dari peralatan berbahan plastik; (a) *Check valve* yang dipasang dengan katup (*out* → *in*) dan pompa suntik dihubungkan ke T aerator menggunakan selang udara; (b) *Check valve* yang dipasang dengan katup (*in* → *out*); (c) Set pompa vakum platik lengkap (Hacks, 2015)

Cara kerja set pompa vakum tersebut, yaitu ketika piston pompa suntik ditarik, maka udara akan masuk kedalam *check valve* yang dipasang dengan katup (*in* → *out*) dan ketika piston didorong ke dalam, udara tersebut akan mengalir melalui selang udara ke *check valve* yang dipasang dengan katup (*out* → *in*) sehingga botol kaca tersebut tervakum, yang ditunjukkan dengan mengeluarkan bunyi udara saat tutup botol kaca dilepaskan (Hacks, 2015).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development /R&D*). Sukmadinata (2011) menjelaskan metode penelitian dan pengembangan adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada dan dapat dipertanggungjawabkan. Borg dan Gall (Setyosari, 2012) menerangkan langkah-langkah penggunaan desain *Research and Development* (R&D) sebagai berikut: 1) penelitian dan pengumpulan informasi awal 2) perencanaan 3) pengembangan format produk awal 4) uji coba awal 5) revisi produk 6) uji coba lapangan 7) revisi produk 8) uji lapangan 9) revisi produk akhir 10) desiminasi dan implementasi.

Penelitian ini hanya dilakukan hingga tahap lima, yaitu revisi produk setelah dilakukannya tahap uji coba awal. Hal ini bertujuan untuk mengetahui validitas serta keberfungsian dari alat praktikum yang telah dikembangkan. Uji coba produk awal ini dilakukan di SMA Negeri 8 Bandar Lampung.

1. Penelitian dan pengumpulan informasi awal

Setyosari (2012) menjelaskan pada tahap penelitian dan pengumpulan informasi meliputi studi pustaka dan studi lapangan. Studi pustaka meliputi kegiatan mencari literatur pendukung terkait hal-hal yang diperlukan untuk pengembangan berupa kriteria pengembangan alat praktikum yang baik. Pada langkah studi lapangan dilakukan pencarian informasi awal mengenai kondisi riil yang ada di lapangan seperti menyebarkan angket dan mewawancari beberapa sekolah yang dijadikan sampel, analisis alat praktikum yang digunakan di sekolah, analisis literatur alat praktikum yang sudah pernah dikembangkan, dan hambatan ataupun dukungan yang diberikan oleh guru dan siswa. Informasi yang diperoleh pada tahap awal ini dapat dijadikan sebagai landasan dalam melakukan pengembangan.

2. Perencanaan

Pada tahap ini dilakukan perumusan tujuan dan urutan bahan serta uji coba skala kecil dalam pengembangan produk. Hal ini bertujuan produk yang dihasilkan pada pengembangan sesuai dengan tujuan khusus yang ingin dicapai (Setyosari, 2012). Selain itu, dilakukan pula analisis untuk meminimalisir berbagai kelemahan dan permasalahan yang muncul pada tahap sebelumnya. Pada penelitian ini bahan yang direncanakan untuk digunakan pada pengembangan alat praktikum ini adalah bahan-bahan yang terbuat dari plastik. Adapun aspek yang ingin dicapai pada pengembangan alat praktikum ini meliputi aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa, dan ketepatan pengukuran.

3. Pengembangan format produk awal

Pada tahap pengembangan format produk awal, dilakukannya persiapan seperti bahan-bahan pembelajaran, *handbooks*, dan alat evaluasi dimana formatnya disajikan dalam bentuk urutan proses atau prosedur dalam rancangan sistem pembelajaran (Setyosari, 2012).

a. desain alat praktikum

Pada tahap ini dimulai dengan mengembangkan desain dari alat praktikum yang mempertimbangkan hasil yang diperoleh pada dua tahap sebelumnya. Desain tersebut dibuat dengan menyesuaikan aspek-aspek yang ingin dicapai. Desain selanjutnya divalidasi oleh dosen pembimbing untuk mengevaluasi kesesuaian antara desain alat yang dibuat dengan aspek-aspek yang ingin dicapai. Apabila dalam validasi tersebut terdapat ketidaksesuaian atau kekurangan, maka akan dilakukannya revisi desain alat praktikum yang akan divalidasi kembali oleh dosen pembimbing hingga diperolehnya hasil desain alat praktikum tervalidasi.

b. pengembangan alat praktikum

Pengembangan alat praktikum akan disesuaikan dengan hasil desain tervalidasi. Alat tersebut selanjutnya divalidasi oleh dua dosen Pendidikan Kimia Universitas Lampung dengan mempertimbangkan aspek-aspek yang ingin dicapai. Jika pengembangan alat tersebut belum mencapai kesesuaian dengan aspek-aspek tersebut, maka akan dilakukan revisi alat praktikum. Hasil revisi tersebut kemudian akan kembali divalidasi oleh ahli hingga diperolehnya hasil validasi produk berupa alat praktikum tervalidasi

c. uji keberfungsian alat

Uji keberfungsian alat dilakukan pada hasil validasi produk oleh 10 mahasiswa Pendidikan Kimia Universitas Lampung dengan tujuan mengetahui alat tersebut dapat berfungsi atau tidak. Jika alat tersebut belum berfungsi, maka akan dilakukan revisi alat hingga diperolehnya alat yang mampu berfungsi sebagai hasil uji keberfungsian produk.

4. Uji coba awal

Uji coba awal dapat dilakukan pada 1-3 sekolah yang melibatkan 6-12 subjek di mana data yang diperoleh berupa hasil wawancara, observasi, dan angket yang telah dikumpulkan dan dianalisis (Setyosari, 2012). Pada tahap ini, hasil uji keberfungsian produk yang diperoleh pada tahap sebelumnya, diuji cobakan pada satu sekolah dengan responden seorang guru mata pelajaran kimia kelas XII dan 20 orang siswa kelas XII sehingga diperolehnya respon dari guru dan siswa terhadap alat tersebut terkait dengan aspek-aspek yang ingin dicapai.

5. Revisi produk

Revisi produk didasarkan pada informasi kualitatif tentang produk yang dikembangkan pada tahap uji coba awal (Setyosari, 2012). Informasi kualitatif tersebut berupa respon yang diperoleh dan dijadikan bahan pertimbangan yang dikonsultasikan pada dosen pembimbing. Jika alat tersebut dirasa belum sesuai, maka akan dilakukannya revisi produk hingga diperolehnya produk pengembangan berupa alat penentuan penurunan titik beku larutan hasil uji produk awal.

B. Subyek dan Lokasi Penelitian

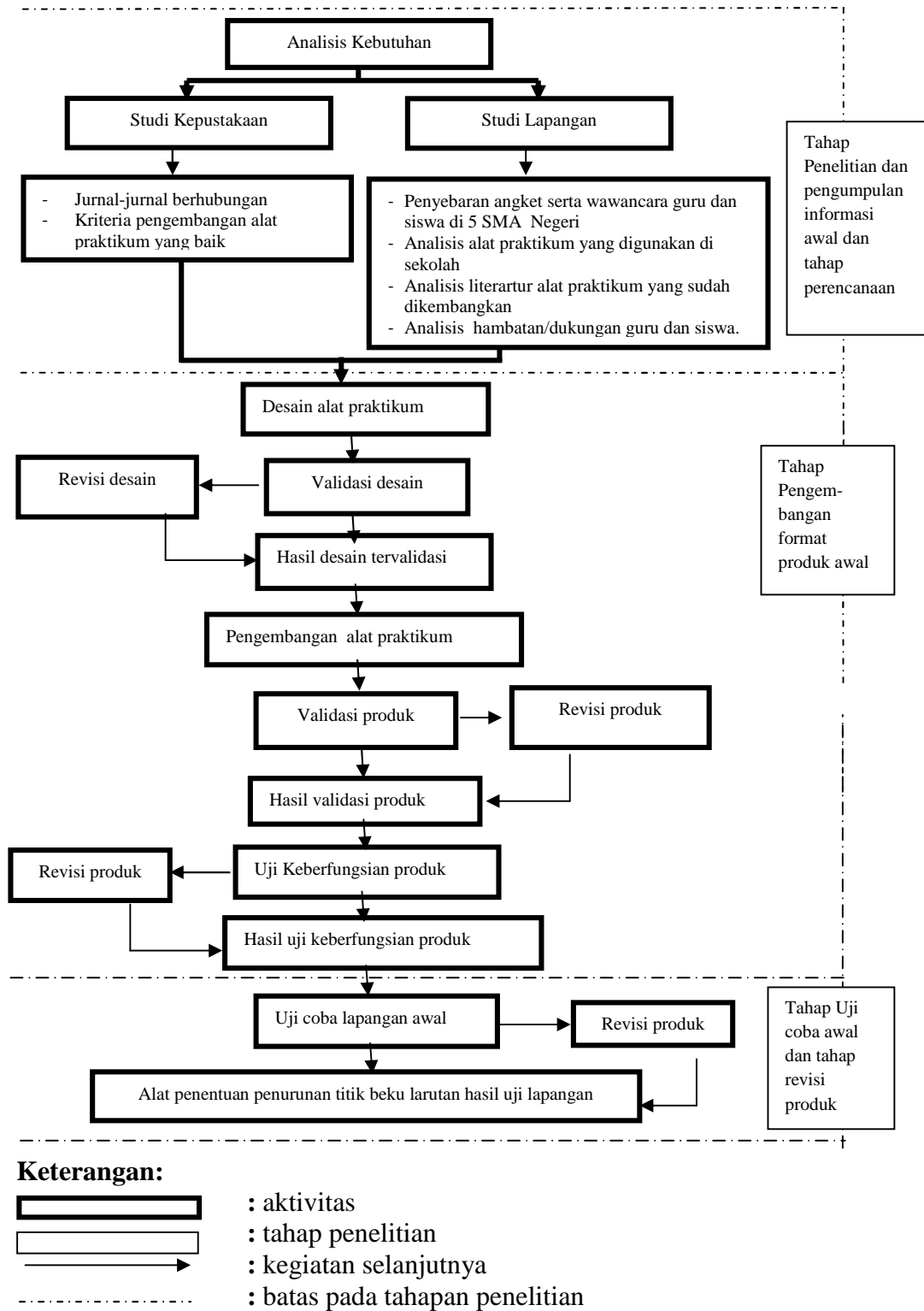
Subyek pada penelitian ini adalah pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik. Adapun lokasi studi lapangan pada tahap penelitian dan pengumpulan informasi awal dilakukan di beberapa sekolah antara lain SMA Negeri 8 Bandar Lampung, SMA Negeri 1 Kotabumi, SMA Negeri 3 Kotabumi, SMA Negeri 4 Kotabumi, dan SMA Negeri 1 Padang Cermin. Pada tahap pengembangan format produk awal, penelitian dilakukan di Universitas Lampung, sedangkan pada tahap uji coba awalnya dilakukan di SMA Negeri 8 Bandar Lampung.

C. Sumber Data dan Data Penelitian

Pada tahap penelitian dan pengumpulan informasi awal, data penelitian diperoleh berupa respon terhadap wawancara oleh 5 guru mata pelajaran kimia kelas XII dan respon dari angket analisis kebutuhan oleh 108 siswa kelas XII yang sudah mendapatkan pembelajaran penurunan titik beku larutan dari lima sekolah di Bandar Lampung, Padang Cermin, dan Kotabumi. Pada tahap pengembangan format produk awal, data penelitian diperoleh berupa skor jawaban yang merupakan penilaian dari dosen pembimbing terhadap angket validasi desain, penilaian dari dua validator terhadap angket validasi pengembangan alat, dan penilaian dari 10 mahasiswa pendidikan kimia Universitas Lampung terhadap angket uji keberfungsian alat. Lebih lanjut, pada tahap uji coba awal, data penelitian juga diperoleh berupa skor jawaban yang merupakan respon dari angket respon terhadap pengembangan alat oleh seorang guru mata pelajaran kimia kelas XII dan 20 siswa kelas XII di SMA Negeri 8 Bandar Lampung.

D. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Alur penelitian pada pengembangan alat praktikum ini dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 8. Alur pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan

E. Instrumen Penelitian

Arikunto (2008) instrumen adalah alat yang berfungsi untuk mempermudah pelaksanaan sesuatu. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini berupa angket dan pedoman wawancara. Adapun instrumen yang digunakan pada tiap tahap penelitian ini dijabarkan sebagai berikut

1. Instrumen pada tahap penelitian dan pengumpulan informasi awal

Pada tahap ini digunakan dua instrumen analisis kebutuhan untuk guru dan siswa. Instrumen analisis kebutuhan guru berupa pedoman wawancara berisi pertanyaan yang disusun dan ditujukan kepada guru untuk mengetahui kondisi yang terjadi di lapangan terkait praktikum penurunan titik beku larutan meliputi keterlaksanaan praktikum, alat praktikum yang digunakan, kesulitan penggunaan dan kelemahan alat praktikumnya, serta meminta saran berupa kriteria pengembangan pada alat sehingga nantinya diharapkan mampu memenuhi kebutuhan siswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum tersebut. Instrumen analisis kebutuhan yang ditujukan kepada siswa berupa angket berisi pertanyaan –pertanyaan yang disusun dan ditujukan kepada siswa untuk mengetahui keterlaksanaan praktikum pada penurunan titik beku larutan, alat praktikum yang digunakan dan kesulitan penggunaannya.

2. Instrumen pada tahap pengembangan format produk awal

Instrumen yang digunakan pada tahap ini berupa angket untuk menilai beberapa aspek-aspek tertentu yang ingin dicapai pada tiap tahapannya yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. instrumen pada tahapan validasi desain alat praktikum

Instrumen yang digunakan pada tahap ini berupa angket untuk memvalidasi desain alat praktikum yang mengevaluasi ketercapaian dari aspek-aspek berikut :

- 1) aspek ketepatan pengukuran artinya alat praktikum yang dikembangkan presisi dalam memperagakan suatu fenomena alam sehingga tidak menimbulkan salah konsep atau pengertian;
- 2) aspek keterkaitan dengan bahan ajar, yaitu alat praktikum yang dikembangkan dapat digunakan untuk membantu siswa memahami konsep-konsep IPA yang dipelajarinya. Oleh karena itu, alat praktikum yang dikembangkan harus dapat menampilkan objek dan fenomena yang diperlukan untuk mempelajari konsep-konsep tersebut;
- 3) aspek nilai pendidikan, yaitu alat praktikum yang dikembangkan dapat menunjukkan fenomena dengan baik dan juga sesuai dengan perkembangan intelektual peserta didik;
- 4) aspek ketahanan alat, artinya alat praktikum yang dikembangkan dapat digunakan secara berulang-ulang, serta ketahanan alat terhadap perubahan lingkungan (suhu, cahaya matahari, kelembapan, dan air) sehingga tidak hanya sekali digunakan;
- 5) aspek efisiensi penggunaan alat, meliputi kemudahan pemerolehan komponen alat praktikum, biaya pembuatan alat yang relatif terjangkau, kemudahan alat untuk disimpan, mudah untuk dibawa dan disimpan. Efisiensi penggunaan alat diperlukan untuk kelancaran dan keberhasilan kegiatan pembelajaran dengan menggunakan alat praktikum yang dikembangkan;

- 6) aspek keamanan bagi siswa, artinya konstruksi alat praktikum aman digunakan bagi siswa saat melaksanakan kegiatan praktikum.

b. instrumen pada tahapan validasi pengembangan alat praktikum

Instrumen pada tahapan ini berupa angket untuk memvalidasi pengembangan alat praktikum yang menilai ketercapaian aspek yang sama pada tahapan validasi desain alat praktikum, yaitu aspek ketepatan pengukuran, kebernilaian pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, amanan dan keterkaitan dengan bahan ajar.

c. instrumen pada tahapan uji keberfungsian alat

Instrumen ini berbentuk angket uji keberfungsian alat yang disusun untuk mengetahui keberfungsian dan kelemahan dari berbagai komponen yang ada pada alat praktikum yang dikembangkan.

3. Instrumen pada tahap uji coba awal

Pada tahap ini terdapat dua instrumen respon terhadap alat praktikum yang dikembangkan dengan responden guru dan siswa. Instrumen ini berupa angket yang menilai ketercapaian alat tersebut terhadap aspek tertentu. Pada instrumen tanggapan terhadap alat praktikum yang dikembangkan terhadap guru dinilai ketercapaian pada aspek ketepatan pengukuran, kebernilaian pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, amanan dan keterkaitan dengan bahan ajar, sedangkan instrumen tanggapan terhadap alat praktikum yang dikembangkan

terhadap siswa menilai aspek yang meliputi ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa, dan ketepatan pengukuran.

F. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada tahap penelitian dan pengumpulan informasi awal dilakukan dengan mewawancarai lima guru mata pelajaran kimia kelas XII dengan menggunakan pedoman wawancara serta menyebarkan angket kepada 108 siswa kelas XII di SMA yang terletak di Bandar Lampung, Padang Cermin, dan Kotabumi. Pada tahap pengembangan format awal produk, digunakan angket pada validasi desain alat praktikum, validasi pengembangan alat praktikum, dan uji keberfungsian alat. Lebih lanjut, pada tahap uji coba awal, teknik pengumpulan data dilakukan dengan menyebarkan angket tanggapan guru dan siswa terhadap alat praktikum yang dikembangkan.

Pada penelitian ini, tahap penelitian dan pengumpulan informasi awal digunakan pedoman wawancara dan angket dengan tipe jawaban tertutup berupa jawaban ya dan tidak, juga disertai pertanyaan dengan jawaban terbuka, sedangkan angket yang digunakan pada tahap pengembangan format produk awal berupa angket dengan tipe jawaban tertutup dengan pilihan jawaban ya dan tidak. Teknik pengumpulan data pada tahap uji coba awal juga menggunakan angket dengan tipe yang sama dengan tahap pengembangan format produk awal.

G. Teknik Analisis Data

1. Tahap penelitian dan pengumpulan data

Setelah dilakukannya penyebaran kuisioner kebutuhan di lima SMA didapatkan hasil jawaban pada kuisioner tersebut yang kemudian akan dikelola untuk memperoleh hasil jawaban keseluruhan dari jawaban siswa dan guru. Adapun kegiatan dalam teknik analisis data kuisioner analisis kebutuhan dilakukan dengan cara :

- a. mengklasifikasi data untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan kuisioner;
- b. menghitung frekuensi jawaban untuk memberikan informasi tentang kecenderungan jawaban yang banyak dipilih siswa dan guru dalam setiap pertanyaan kuisioner;
- c. menghitung persentase jawaban siswa untuk melihat besarnya persentase setiap jawaban dari pertanyaan sehingga data yang diperoleh dapat di analisis sebagai temuan. Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase jawaban responden setiap item adalah sebagai berikut :

$$\%J_{in} = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\% \quad (\text{Sudjana, 2005})$$

Keterangan : $\%J_{in}$ = Persentase pilihan jawaban-i

$\sum J_i$ = Jumlah responden yang menjawab jawaban-i

N = Jumlah seluruh responden

- d. menafsirkan persentase kuisioner secara keseluruhan dengan menggunakan tafsiran Arikunto (1988).

Tabel 1. Tafsiran skor (persen)

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

2. Tahap validasi desain alat praktikum, validasi kelayakan alat praktikum, uji coba keberfungsian, serta respon guru dan siswa

Adapun kegiatan dalam teknik analisis data kuisisioner pada tahap validasi desain alat praktikum, validasi kelayakan alat praktikum, uji coba keberfungsian, serta respon guru dan siswa terhadap alat praktikum dilakukan dengan cara :

- a) mengklasifikasikan data untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pernyataan kuisisioner.
- b) melakukan tabulasi data berdasarkan klasifikasi yang dibuat untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan kuisisioner dan banyaknya responden (pengisi kuisisioner).
- c) menghitung frekuensi jawaban, bertujuan untuk memberikan informasi tentang kecenderungan jawaban yang banyak dipilih responden dalam setiap pernyataan pada kuisisioner, penskoran menggunakan pedoman Ridwan (2012).

Tabel 2. Pedoman penskoran pengisian jawaban pada kuisisioner.

Kriteria Jawaban	Skor
Ya	1
Tidak	0

- d) menghitung persentase jawaban, bertujuan untuk melihat besarnya persentase setiap jawaban dari pernyataan sehingga data yang diperoleh dapat dianalisis sebagai temuan. Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase jawaban responden setiap item adalah sebagai berikut :

$$%J_{in} = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\% \quad (\text{Sudjana, 2005}).$$

Keterangan : $%J_{in}$ = Persentase pilihan jawaban-i pada pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik.

$\sum J_i$ = Jumlah responden yang menjawab jawaban-i.

N = Jumlah seluruh responden.

- e) menafsirkan persentase kuisioner secara keseluruhan dengan menggunakan tafsiran Arikunto (1988) sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3. Tafsiran persentase skor jawaban kuisioner validasi desain alat praktikum, validasi kelayakan alat praktikum, uji coba keberfungsian, serta respon guru dan siswa.

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

- f) menghitung rata-rata persentase hasil skor kuisioner dan wawancara untuk mengetahui aspek-aspek yang ingin dicapai pada alat praktikum yang dikembangkan yaitu aspek keterkaitan dengan bahan ajar, aspek nilai pendidikan, aspek ketahanan alat, aspek efisiensi penggunaan alat, serta aspek keamanan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik dengan rumus sebagai berikut :

$$\overline{\%X_i} = \frac{\sum \%X_{in}}{n} \quad (\text{Sudjana, 2005}).$$

Keterangan : $\overline{\%X_i}$ = Rata-rata persentase kuisisioner-i/ wawancara pada alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan.

$\sum \%X_{in}$ = Jumlah persentase kuisisioner-i/ wawancara pada alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan.

n = Jumlah pernyataan.

- g) menafsirkan persentase skor kuisisioner ataupun wawancara dari rata-rata persentase skor kuisisioner ataupun wawancara keseluruhan aspek alat praktikum untuk mengetahui kelayakan alat praktikum yang dikembangkan dalam kegiatan pembelajaran dengan menggunakan tafsiran Arikunto (1988) dalam Tabel 4.

Tabel 4. Tafsiran persentase skor jawaban keseluruhan kuisisioner validasi desain alat praktikum, validasi kelayakan alat praktikum, uji coba keberfungsian, serta respon guru dan siswa.

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

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan disimpulkan bahwa :

1. desain alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan memiliki kriteria baik sekali;
2. dihasilkan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang memiliki kriteria baik sekali berdasarkan aspek keterkaitan dengan bahan ajar, nilai pendidikan, ketahanan alat, efisiensi penggunaan alat, keamanan bagi siswa, dan ketepatan pengukuran;
3. seluruh komponen alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan berfungsi dan memiliki kriteria baik sekali;
4. tanggapan guru terhadap kelayakan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik yang dikembangkan memiliki kriteria baik sekali;
5. faktor pendukung selama proses pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik adalah kemudahan dalam memperoleh sampel percobaan serta kerjasama yang baik antara sekolah, guru dan peneliti;

6. Kendala dalam proses pengembangan alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik adalah keterbatasan waktu belajar mengajar dan kehadiran siswa kelas XII pada proses uji coba awal yang dilakukan setelah pelaksanaan ujian nasional

B. Saran

Adapun saran yang dapat peneliti berikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. perlu adanya pengembangan lebih lanjut mengenai alat penentuan penurunan titik beku larutan berbahan dasar plastik untuk mengatasi berbagai kelemahannya sehingga diperoleh hasil titik beku larutan yang lebih akurat dengan waktu yang efisien;
2. pada saat awal penggunaan alat praktikum, diwajibkan membaca kondisi khusus untuk alat agar saat menggunakan alat tersebut dapat diperoleh hasil yang mendekati dengan yang telah peneliti lakukan;
3. perlu dilakukan penelitian dan pencarian informasi lebih lanjut mengenai praktikum penurunan titik beku larutan karena sering ditemui ketidak pastian hasil percobaan dan terjadinya peristiwa *supercooling*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 1988. *Penilaian Program Pendidikan*. Jakarta : Bina Aksara.
- _____. 2008. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Astuti, A. P. 2015. Penerapan Pendekatan Konstruktividmr Berorientasi Green Chemistry untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan Hasil belajar Kimia SMA. *Jurnal KPSDA*. 1(1), 257-262.
- Castellan, G. W. 1983. *Physical Chemistry Third Edition*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- Fosbol, P. L., M. G. Pedersen, dan K. Thomsen. 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.
- Gholaminejad, A., dan R. Hosseini. 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].
- Hadi, A., L. Baradja., dan Ismunandar. 2009. Upaya Mengatasi Keterbatasan Pelaksanaan Praktikum Kimia di SMA/MA Melalui Pengembangan Alat Peraga Praktikum Kimia Sekala Kecil. *Makalah Keahlian Kimia Anorganik dan Fisika*. Hal 15.
- Karunakaran, K. 1978. Beckmann Freezing Point Method: Easy Arresting of Supercooling. *Journal of Chemical Education*. 55(1), 42.
- 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 M. Collins. 1981. Convenient Freezing Point Depression Apparatus. *Journal of Chemical Education*. 57(9), 650.

- Moor, S. Scott, dan P. P. Lafayette. 2003. Experiments in the Classroom: Examples of Inductive Learning with Classroom-Friendly Laboratory Kits. In *Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition American Society for Engineering Education*, Session 321
- Nasution, R. H., Herparatiwi, dan I. D. P. Nyeneng. 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.
- 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*.
- Nuryanto dan A. Binadja. 2010. Efektivitas Pembelajaran Kimia dengan Pendekatan Salingtemas Ditinjau dari Minat dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*. 4(1), 552-556.
- Paselk, R. A. 1998. Robert A. Paselk Scientific Instrumen Museum. *Artikel* [online]. Available: www.humboldt.edu/scimus/instruments/therm_edser/bckmnFPapp.htm. [15th of January 2016].
- Petrucci, R. H. 1987. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Rahmiyati, S. 2008. Keefektifan Pemanfaatan Laboratorium di Madrasah Aliyah Yogyakarta. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*. – (1), 88-100.
- Riduwan. 2012. *Belajar Mudah Penelitian untuk Gur, Karyawan, dan Peneliti Pemula*. Bandung : Alfabeta.
- Rosenlund, S. J. 1987. *The Chemical Laboratory: Its Design and Operation*. . United States of America: Library of Congress Catalog Card Number 86-31183.
- Setyosari, Punaji. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Jakarta: Kencana.
- Singman, C., J. Sophlanopoulos, dan R. Johnson. 1982. A Convenient Melting/Freezing Point Depression Apparatus. *Journal of Chemical Education*. 59(8), 682.
- Sitanggang, A. 2013. *Alat Peraga Matematika Sederhana*. Medan: Lembaga Penjaminan Mutu Pendidikan.

- Sudjana, N. 2005. *Metode Statistika Edisi keenam*. Bandung: PT. Tarsito.
- Suja, I. W. 2008. Analisis Kebutuhan Pengembangan Perangkat Kerja Ilmiah dalam Pembelajaran Kimia di SMA. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*. – (1), 1-11.
- Sukmadinata. 2011. *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Tim Penyusun. 2002. *PVC Pipe-Design and Installation*. United States of America: Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- _____. 2003. UU RI No. 20 Tahun 2003 *Tentang Sistem Pendidikan Nasional*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- _____. 2006. *Salinan Lampiran Permendikbud RI No. 22 tahun 2006 Tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- _____. 2007. *Salinan Lampiran Permendikbud No. 24 Tahun 2007 Tentang Standar Sarana dan Prasarana Sekolah/Madrasah Pendidikan Umum*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- _____. 2011. *Pedoman Pembuatan Alat Peraga Kimia Sederhana Untuk SMA*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- _____. 2013a. *Salinan Lampiran Permendikbud RI No. 65 tahun 2013 Tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- _____. 2013b. *Salinan Lampiran Pemendikbud No. 69 Tahun 2013 Tentang Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum SMA/MA*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Widiyatmoko, A., dan S. D. Pamelasari. 2012. Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Mengembangkan Alat Peraga IPA dengan Memanfaatkan Bahan Bekas Pakai. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 1(1), 51-56.