



Rekonstruksi Media Pembelajaran Simulasi Penurunan Tekanan Uap Larutan Berbasis  
*Smartphone*

*Reconstruction Of Smartphone Based Learning Media Simulation of Reduction of Solution  
Vapor Pressure*

Oleh:

Hany Khairunnisa<sup>1</sup>, Ijang Rohman<sup>1\*</sup>, Rahmat Setiadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

\*Correspondence email: [ijangrh@upi.edu](mailto:ijangrh@upi.edu)

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan rekonstruksi media pembelajaran simulasi penurunan tekanan uap larutan berbasis *smartphone* (*versi 1.01*). Metode penelitian yang digunakan adalah *Development Research* atau penelitian pengembangan dengan menerapkan model pengembangan PPE (*Planning, Production, Evaluation*). Uji coba dilakukan dengan membandingkan data tekanan uap yang dihasilkan dari simulasi hasil rekonstruksi dengan data perhitungan di *excel*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi penurunan tekanan uap larutan hasil rekonstruksi (*versi 1.02*) dinilai lebih baik daripada *versi 1.01*. Aspek-aspek perbaikan hasil rekonstruksi meliputi penambahan nama alat dengan tepat di awal eksperimen, menghasilkan data simulasi percobaan penurunan tekanan uap larutan yang bersifat dinamis, stokastik, dan kontinu.

**ABSTRACT**

The research aims to reconstruct a *smartphone* based media learning simulation of vapor pressure lowering of solution (*1.01* version). The research method used is *development research* by implementing a model development of PPE (*Planning, Production, Evaluation*). Media trial was tested by compare value of vapor pressure that was generated by simulation with calculation data in *excel*. The research results showed that the simulation from reconstruction (*1.02* version) was judged better than *1.01* version. Improvement aspects of the reconstruction results include adding precise information of the tools name at the beginning of the experiment, also generate dynamic, stochastic, and continuous simulation of vapor pressure lowering of solution.

**Info artikel:**

Diterima: 18 Juni 2020  
Direvisi: 16 Juli 2020  
Disetujui: 30 Agustus 2020  
Terpublikasi *online*: 17 September 2020  
Tanggal Publikasi: 1 Oktober 2020

**Kata Kunci:**

Media pembelajaran, *Mobile Learning*, Simulasi Pembelajaran, Penurunan tekanan uap larutan

**Key Words:**

*Media learning, Mobile learning, Simulation of learning, Vapor Pressure Lowering of Solution*

## 1. PENDAHULUAN

Tantangan pada era pendidikan 4.0. menuntut siswa untuk memiliki keterampilan abad ke-21, salah satunya keterampilan dalam literasi digital dan media informasi. Inovasi *elektronik learning (e-learning)* terlahir di bidang pendidikan sebagai akibat dari perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang semakin pesat (Vichian, 2016). *E-learning* mengacu pada penggunaan teknologi informasi dan komunikasi untuk memungkinkan akses ke sumber belajar atau pengajaran online. *E-learning* adalah pembelajaran yang diaktifkan secara elektronik (Saputra, 2013). Definisi *e-learning* dapat dipersempit menjadi pembelajaran yang diberdayakan oleh penggunaan teknologi digital (Valentina, et. al., 2015).

*Electronic learning* mengharuskan penggunaannya untuk berhadapan dengan peralatan elektronik yang tidak fleksibel untuk berpindah tempat yang terhubung ke internet menggunakan kabel LAN. Menanggapi permasalahan tersebut, maka dikembangkanlah pembelajaran dengan memanfaatkan media berbasis IT genggam dan bergerak (*mobile*) atau lebih dikenal dengan istilah *mobile learning (m-learning)*. *Mobile learning* merupakan inovasi dari perkembangan evolusi dan berkontribusi pada evolusi pembelajaran di lingkungan pendidikan. *Mobile learning* dapat meningkatkan kolaborasi antara pendidik dan siswa kapan saja dimana saja. Integrasi berbagai program teknologi ke dalam lingkungan pendidikan tinggi telah menjadi masalah yang tak terhindarkan. *Mobile learning* sebagai salah satu alat teknologi tersebut berfungsi dalam memfasilitasi penyampaian pembelajaran di berbagai institusi secara global kapan saja dan dimana saja. Mengkaji persepsi akademisi terhadap pemanfaatan *m-learning* akan membantu sektor pendidikan untuk menentukan kelemahan dan kekuatan. Memahami persepsi akademisi tersebut, pembelajaran dengan mengimplementasikan *m-learning* akan membantu dalam membangun strategi pembelajaran (Mustofa et. al., 2017).

*Smartphone* merupakan salah satu jenis perangkat *mobile learning* (Aripin, et. al., 2018). *Smartphone* didefinisikan sebagai ponsel berbasis sistem operasi seluler, dengan kemampuan komputasi dan konektivitas yang lebih maju daripada ponsel berfitur (Mowad, 2014). Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan ditemukan bahwa hampir setiap siswa SMA memiliki *smartphone* (Arista, et. al., 2017). Oleh karena itu, *smartphone* memiliki potensi yang baik jika digunakan sebagai media pembelajaran interaktif untuk siswa SMA.

Pemanfaatan *smartphone* untuk kegiatan belajar menyediakan siswa dengan kenyamanan dalam melakukan pembelajaran (Gonzalez, et. al. 2015). Kenyamanan tersebut mencakup fleksibilitas dalam mengakses tingkat pembelajaran yang lebih tinggi. Siswa dapat membangun konsep melalui kegiatan simulasi dan evaluasi secara terus menerus dan independen. Melalui *smartphone*, siswa dapat mempelajari konten pembelajaran kapan saja dan di mana saja. Selain itu, siswa dapat berinteraksi dengan lingkungan sekitar yang terkait dengan isi materi. *Smartphone* telah membuka banyak peluang untuk memberi siswa alat pendidikan interaktif berbiaya rendah (Zhao, et. al., 2017).

Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) terkadang dihadapkan pada materi yang tidak dapat dilakukan eksperimennya, misalnya pada percobaan yang membutuhkan waktu terlalu lama atau alat yang terlalu mahal. Mayoritas pendidik menemukan kesulitan untuk mengajar materi sifat koligatif penurunan tekanan uap larutan melalui praktikum

disebabkan di beberapa sekolah belum ada yang memiliki alat untuk mengukur tekanan uap larutan yang memadai. Untuk mengatasi kesulitan tersebut, Aji (2019) telah melakukan penelitian ini dan menghasilkan produk berupa aplikasi pembelajaran berbasis *smartphone* mengenai simulasi penurunan tekanan uap larutan. Di antara fitur dalam aplikasi yang dikembangkan tersebut adalah simulasi eksperimen penurunan tekanan uap larutan. Pembelajaran virtual praktikum melalui *smartphone* dapat meningkatkan pembelajaran mandiri dan pemahaman konseptual bagi siswa (Arista, et. al., 2017). Manfaat simulasi dalam pembelajaran yaitu, dapat mengompres waktu atau memperlambat proses, simulasi dapat menarik perhatian siswa dengan langsung melibatkan siswa, sebagai strategi melakukan eksperimen yang aman, membuat yang tidak mungkin menjadi mungkin, menghemat biaya dan sumber daya lainnya, memungkinkan untuk mengulangi percobaan dengan berbagai variasi, dan memungkinkan melakukan pengamatan proses yang kompleks (Roblyer, et. al., 2014). Namun demikian, berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan, ternyata simulasi percobaan penurunan tekanan uap larutan yang dikembangkan masih memiliki kelemahan, yaitu simulasi bersifat statis, deterministik, dan diskret.

Nilai tekanan uap pada simulasi penurunan tekanan uap masih berupa teks statis yang ditulis secara manual. Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu. Oleh karena itu, nilai tekanan uap yang selalu berubah setiap perubahan temperatur, tidak tepat jika menggunakan teks statis. Ketika simulasi diuji coba berulang kali pada waktu yang berbeda atau dicoba oleh orang yang berbeda, hasil data simulasi yang diperoleh selalu sama, dikarenakan simulasi tersebut bersifat deterministik dan diskret. Hal ini tidak sejalan dengan keadaan secara *real*, yang mana kemungkinan data percobaan yang diperoleh tidak selalu sama setiap percobaan dilakukan oleh siswa yang berbeda dan waktu yang berbeda.

Simulasi adalah peniruan suatu proses atau sistem yang menggambarkan suatu keadaan yang mendekati *real*. Berdasarkan hakikat dari simulasi tersebut, media pembelajaran yang telah dikembangkan tersebut memiliki kekurangan sebagai bentuk simulasi percobaan pengukuran tekanan uap.

Selain memiliki kekurangan dari hasil data simulasi, juga masih memiliki beberapa kekurangan lainnya, yaitu : pengaturan ketinggian (mdpl) masih terbatas pada kenaikan 76 mdpl, mencantumkan informasi nama alat yang kurang tepat dan dicantumkan ketika alat telah disusun bukan pada awal simulasi eksperimen dilakukan, animasi memasukkan zat terlarut yang tidak sesuai dengan prosedur analitik, animasi batu didih dan gelembung gas yang kurang tepat, penggambaran grafik yang kurang baik, animasi lampu indikator yang kurang tepat pada pengukuran tekanan uap larutan, dan media yang bersifat kurang interaktif. Oleh karena itu, perbaikan pada paket aplikasi tersebut diperlukan agar simulasi pengukuran penurunan tekanan uap larutan dapat menggambarkan keadaan yang mendekati *real* dan dapat dimanfaatkan.

Latar belakang yang disampaikan di atas, maka dipandang perlu adanya perbaikan pada media pembelajaran penurunan tekanan uap larutan yang telah dikembangkan tersebut (*Versi 1.01*), dengan melakukan rekonstruksi media pembelajaran simulasi penurunan tekanan uap larutan (*Versi 1.02*) berbasis *smartphone*.

## 2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Development Research* atau penelitian pengembangan. *Development research* menjelaskan dan menganalisis proses pengembangan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada serta evaluasi dari produk akhir yang dihasilkan. Penelitian pengembangan terbagi menjadi 3 tahap penelitian, yaitu tahap awal penelitian, tahap pengembangan, dan tahap akhir penelitian. Pada tahap pengembangan, peneliti mengadopsi model pengembangan PPE (*Planning, Production, and Evaluation*).

Pada tahap awal penelitian, kegiatan yang dilakukan yaitu penentuan masalah penelitian, dan studi literatur serta multimedia yang sudah ada. Pada tahap pengembangan dilakukan pengembangan produk dari mulai menganalisis kelebihan dan kekurangan aplikasi *versi 1.01*, merancang, serta membuat produk, hingga melakukan uji coba dari produk yang sudah dibuat. Tahap pengembangan dalam penelitian ini menerapkan model PPE, dengan rincian penjelasan setiap tahapannya sebagai berikut:

- ***Planning* (Perencanaan)**

Dalam tahap *planning* dilakukan kegiatan perencanaan pembuatan produk. Kegiatan ini diawali dengan menganalisis kelebihan dan kekurangan media pembelajaran pada aplikasi *versi 1.01*. Dari hasil analisis kelebihan dan kekurangan tersebut menjadi acuan rencana perbaikan dalam melakukan rekonstruksi aplikasi *versi 1.02*, dan pembatasan penelitian. Rencana perbaikan tersebut digambarkan dalam bentuk algoritma deskriptif dan *storyboard*.

- ***Production* (Produksi)**

Dalam tahap *production* dilakukan pengembangan produk dari rancangan yang telah dibuat, yaitu melakukan rekonstruksi media pembelajaran kimia berbasis *smartphone*. Pengembangan produk menggunakan *software Adobe Animate CC 2019* untuk pembuatan aplikasi berbasis *smartphone*.

- ***Evaluation* (Evaluasi)**

Tahap evaluasi dilakukan uji coba simulasi hasil rekonstruksi *versi 1.02* yang kemudian nilai tekanan uap yang diperoleh dari simulasi dibandingkan dengan nilai tekanan uap pada *excel*, dan dilakukan uji beda terhadap *versi 1.01*.

Tahap akhir penelitian dilakukan pengumpulan data, pengolahan data, analisis data dan penarikan kesimpulan penelitian. Instrumen penelitian yang digunakan ada 3 jenis instrumen, yaitu Instrumen tabel analisis kelebihan dan kekurangan aplikasi *versi 1.01*, tabel analisis rentang nilai random, dan tabel *excel* pengukuran tekanan uap pelarut dan larutan. Pengumpulan data pada analisis kelebihan dan kekurangan aplikasi *versi 1.01* dilakukan dengan cara menganalisis kelebihan aplikasi dan kekurangan aplikasi, dan rencana perbaikan dalam pengembangan yang dilakukan. Pengumpulan data pada analisis rentang nilai random dilakukan dengan cara menganalisis penurunan tekanan uap larutan terhadap pelarut murni, dan kenaikan temperatur dan tekanan uap setiap waktu. Pengumpulan data pengukuran tekanan uap dilakukan dengan menggunakan program *Microsoft excel* dengan memasukkan persamaan *Clausius Clapeyron* untuk memperoleh data tekanan uap pelarut murni setiap perubahan temperatur. Sedangkan untuk data tekanan uap larutan diperoleh dengan memanfaatkan fungsi *excel* berdasarkan Hukum Raoult. Kemudian, data ini

menjadi pembandingan untuk nilai pengukuran tekanan uap pelarut dan larutan pada simulasi percobaan yang diperoleh. Setelah data dari ketiga instrumen diperoleh, data analisis kelebihan dan kekurangan aplikasi serta analisis rentang nilai random disusun dan diolah dengan menggunakan statistik deskriptif yang digunakan dalam menentukan rencana perbaikan pada aplikasi yang dikembangkan dan menentukan nilai random tekanan uap yang logis yang akan dimasukkan ke dalam simulasi pengukuran tekanan uap *versi 1.02*. Data *excel* penurunan tekanan uap diolah dengan menggunakan statistik uji beda satu sampel (*one sampel t-test*) yang digunakan sebagai perbandingan data tekanan uap hasil rekonstruksi *versi 1.02* dengan data tekanan uap pada simulasi *versi 1.01* dalam melakukan uji beda. Hipotesis pada uji beda adalah sebagai berikut.

$$H_0 : x = \mu$$

Tidak ada perbedaan secara signifikan rerata nilai tekanan uap pada simulasi hasil rekonstruksi *versi 1.02* dengan simulasi *versi 1.01*.

$$H_a : x \neq \mu$$

Ada perbedaan secara signifikan rerata nilai tekanan uap pada simulasi hasil rekonstruksi *versi 1.02* dengan simulasi *versi 1.01*.

Kriteria : Tolak  $H_0$  apabila harga  $t_{hitung} (t_0) \geq t_{tabel}$

Data dari hasil uji beda digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai kelayakan media pembelajaran berbasis *smartphone* pada sub materi penurunan tekanan uap hasil rekonstruksi (*versi 1.02*).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Rekonstruksi Aplikasi Versi 1.01

Berdasarkan hasil analisis kelebihan dan kekurangan aplikasi *versi 1.01*, paket aplikasi *versi 1.01* masih memiliki banyak kekurangan dari segi media yaitu: pengaturan ketinggian (mdpl) masih terbatas setiap kenaikan 76 mdpl; keterangan nama alat dicantumkan setelah semua alat disusun, bukan di awal; terdapat keterangan beberapa nama alat alat yang kurang tepat; walaupun sudah diatur pada ketinggian tertentu, namun simulasinya terbatas hanya mengukur tekanan uap pada 3 titik ketinggian saja, yaitu ketinggian 0 mdpl (daerah pantai), 762 mdpl (daerah perkotaan), dan 2067 mdpl (daerah pegunungan); walaupun simulasi pengukuran tekanan uap sudah disesuaikan pada ketinggian tertentu (daerah pantai, perkotaan, dan pegunungan), namun saat simulasi dimulai suhu awal air sama; lampu indikator saat pengukuran tekanan uap larutan kurang tepat, dikarenakan larutan mengalami penurunan tekanan uap yang akan berpengaruh ke titik didih, sehingga titik didihnya tidak lagi sama seperti pelarut murni; animasi pergerakan gelembung gas dan batu didih terlalu cepat pada temperatur 40°C; animasi pergerakan gelembung gas dan batu didih pada proses mendidih belum sesuai dengan keadaan sebenarnya; animasi penambahan zat terlarut kurang sesuai; hasil data simulasi pengukuran tekanan uap yang diperoleh ketika dicoba beberapa kali akan menghasilkan data yang sama; pada grafik pengukuran tekanan uap, setiap datanya digambarkan dengan titik yang terlalu besar, sehingga menghasilkan garis yang tebal. Sedangkan berdasarkan hasil analisis KI, KD, dan analisis kelengkapan materi, materi yang ditampilkan pada media pembelajaran *versi 1.01* sudah sesuai dengan KI, KD, dan materi kimia sifat koligatif penurunan tekanan

uap larutan.

Berdasarkan dari kekurangan yang telah dipaparkan, fokus batas pada penelitian ini hanya memperbaiki bagian set alat dan hasil data simulasi, yang mencakup proses dan hasil dari simulasi.

Keterangan nama alat sebaiknya dicantumkan pada bagian awal sebelum alat diset, dikarenakan siswa harus mengetahui dan mengenal alat terlebih dahulu, kemudian baru dapat menyusunnya. Pada media pembelajaran *versi 1.01*, keterangan nama alat dicantumkan setelah siswa selesai menyusun set alat, selain itu juga terdapat informasi nama alat yang tidak sesuai ataupun tidak ada keterangannya, seperti sensor temperatur dan sumbat labu. Oleh karena itu, pada bagian set alat diperbaiki dengan mencantumkan keterangan nama alat yang tepat di awal sebelum alat-alat diset.

Simulasi *versi 1.01* termasuk simulasi yang bersifat statis, deterministik, dan diskret. Sehingga, data hasil simulasi pengukuran tekanan uap yang diperoleh akan selalu sama ketika diuji coba oleh orang yang berbeda dan pada waktu yang berbeda. Dengan mengubah simulasi yang bersifat statis, deterministik, dan diskret menjadi simulasi yang bersifat dinamis, stokastik, dan kontinu pada simulasi pengukuran tekanan uap, maka hasil data yang diperoleh dari simulasi tersebut tidak lagi selalu sama antara individu satu dengan yang lainnya, maupun setiap perubahan waktu. Seperti hakikat simulasi, simulasi penurunan tekanan uap hasil rekonstruksi diharapkan dapat menggambarkan keadaan yang mendekati real, yang mana data percobaan hasil simulasi tidak akan selalu sama, ada kemungkinan memperoleh hasil data pengukuran tekanan uap yang berbeda untuk orang yang berbeda maupun waktu yang berbeda.

Setelah menentukan bagian dari perbaikan media pembelajaran berbasis *smartphone* pada sub materi penurunan tekanan uap larutan, rekonstruksi media pembelajaran yang dilakukan menggunakan *software Adobe Animate CC 2019*, dengan Bahasa pemrograman *Actionscript 3.0*.

Perbaikan pada set alat dilakukan dengan memanfaatkan fungsi dari *mouse-over* dan *mouse-out* untuk menampilkan keterangan nama alat ketika *mouse* diarahkan ke masing-masing gambar alat pada saat awal simulasi sebelum alat-alat disusun. Tampilan *interface* informasi nama alat dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)



(b)

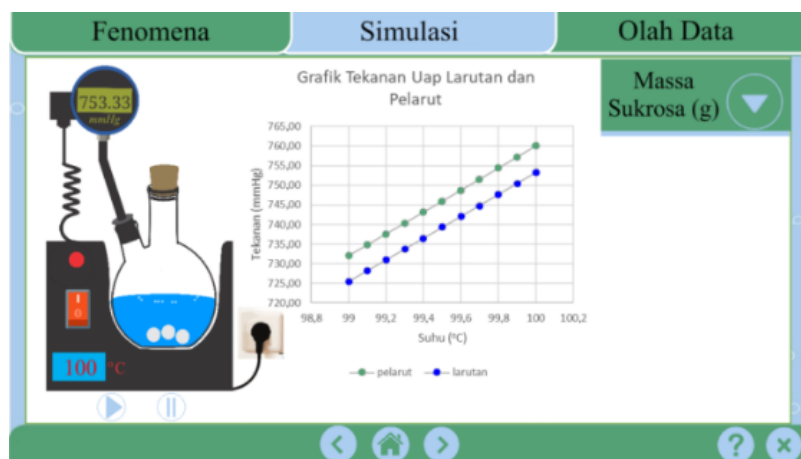
Gambar 1. Tampilan Interface Informasi Nama Alat (a) versi 1.01, (b) versi 1.02

Pada aplikasi versi 1.02 hasil rekonstruksi informasi nama masing-masing alat ditampilkan di bawah gambar alat ketika *mouse* diarahkan ke masing-masing gambar alat, dan apabila *mouse* keluar dari gambar alat maka keterangan nama alat tidak ditampilkan. Teks yang digunakan adalah jenis huruf *\_serif*. Ukuran huruf yang digunakan adalah 20 *point*. Warna teks yang dipilih yaitu warna merah dengan pertimbangan kekontrasan warna dengan *background* dan warna merah merupakan warna yang mencolok.

Perbaikan simulasi penurunan tekanan uap dilakukan dengan cara mengubah simulasi yang bersifat statis, deterministik, dan diskret pada aplikasi versi 1.01 menjadi simulasi yang bersifat dinamis, stokastik, dan kontinu. Nilai tekanan uap pada simulasi yang dikembangkan pada versi 1.01 masih berupa teks statis, sehingga nilainya kaku. Oleh karena itu, nilai tekanan uap tersebut diubah menjadi teks dinamis, agar teks yang ditampilkan dapat menyesuaikan dengan *actionsript* yang digunakan. Untuk memperoleh nilai yang berbeda setiap simulasi penurunan tekanan uap diuji coba, maka simulasi yang bersifat deterministik dan diskret tersebut diubah menjadi simulasi yang bersifat stokastik dan kontinu dengan cara memasukkan nilai random pada nilai tekanan uap. Tampilan *interface* simulasi penurunan tekanan uap larutan dapat dilihat pada Gambar 2.



(a)



(a)

Gambar 2. Tampilan *Interface* Simulasi Penurunan Tekanan Uap Larutan (a) Tekanan Uap Pelarut, (b) Tekanan Uap Larutan

**b. Analisis Rentang Nilai Random**

Hasil analisis rentang nilai random dilakukan dengan cara membandingkan nilai tekanan uap pelarut murni dengan tekanan uap larutan pada 0.05 mol, 0.045 mol, 0.04 mol, 0.035 mol, dan 0.03 mol sesuai dengan pilihan jumlah zat yang terdapat pada aplikasi *versi 1.01*. Nilai penurunan tekanan uap larutan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penurunan Tekanan Uap Larutan

Suhu (°C)	P° (mmHg)	P larutan (mmHg)				
		0.05 mol	0.045 mol	0.04 mol	0.035 mol	0.03 mol
100°C	760.04	753.26	753.93	754.61	755.28	755.96
	$\Delta P$	6.78	6.11	5.43	4.76	4.08

Berdasarkan hasil perhitungan penurunan tekanan uap larutan pada Tabel 1, diperoleh  $\Delta P$  yang terkecil adalah sebesar 4.08 mmHg. Jika menggunakan bilangan random  $\pm 0.5$ ,  $\pm 0.1$ , ataupun  $\pm 0.05$  masih logis dikarenakan tidak melebihi 4.08 mmHg. Namun, berdasarkan nilai penurunan tekanan uap larutan saja belum cukup. Oleh karena itu juga dilakukan analisis kenaikan temperatur dan tekanan uap tiap perubahan waktu yang dibuat menggunakan *microsoft excel*. Analisis rentang nilai random dapat dilihat pada Tabel 2.



Tabel 2. Analisis Rentang Nilai Random

Suhu (°C)	P° rumus (mmHg)	++	P° random (mmHg)					
			Random ±0.5		Random ±0.1		Random ±0.05	
			P° max	P° min	P° max	P° min	P° max	P° min
20.0	16.88	0.10	17.38	16.38	16.98	16.78	16.93	16.88
20.1	16.98	0.10	17.48	16.48	17.08	16.88	17.03	16.98
20.2	17.09	0.10	17.59	16.59	17.19	16.99	17.14	17.09
20.3	17.19	0.10	17.69	16.69	17.29	17.09	17.24	17.19
20.4	17.30	0.10	17.80	16.80	17.40	17.20	17.35	17.30
20.5	17.40	0.11	17.90	16.90	17.50	17.30	17.45	17.40
Dst...	Dst...	Dst...	Dst...	Dst...	Dst...	Dst...	Dst...	Dst...

Keterangan : ++ = Increment P°

Berdasarkan Tabel 2 *increment* terkecil untuk temperatur dan tekanan uap pelarut murni adalah sebesar 0.1. Jika menggunakan rentang bilangan random ±0.5, maka kemungkinan nilai tekanan uap maksimum melebihi dari nilai *increment*, Jika dipilih rentang bilangan random ±0.05 peluang muncul nilai yang berbeda lebih kecil. Oleh karena itu, dipilih bilangan random dengan rentang ±0.1 sesuai dengan nilai *increment* temperatur dan tekanan uap tiap perubahan waktu. Selain itu, dipilih rentang bilangan random ±0.1 dengan pertimbangan persen eror ≤ 0.6%, yang mana semakin kecil persentase eror suatu pengukuran akan semakin baik.

Rentang nilai random yang dimasukkan pada simulasi penurunan tekanan uap larutan masih didasarkan pada analisis teoritis. Alangkah lebih baiknya jika dapat disesuaikan dengan data percobaan sesungguhnya di laboratorium. Oleh karena itu, untuk data random hasil simulasi dapat dibandingkan dengan data hasil percobaan laboratorium pada penelitian berikutnya.

**c. Kelayakan Aplikasi Versi 1.02 Hasil Rekonstruksi**

Hasil penilaian kelayakan media pembelajaran berbasis *smartphone* dari segi simulasi diperoleh dengan cara menguji coba simulasi penurunan tekanan uap. Setelah mempelajari simulasi *versi 1.01*, nilai pengukuran tekanan uap pelarut murni diperoleh dari persamaan *Clausius Clapeyron*, yang dihubungkan dengan perubahan temperatur. Sedangkan untuk nilai tekanan uap larutan, diperoleh dengan memanfaatkan Hukum *Raoult*. Oleh karena itu, nilai tekanan uap yang diperoleh dari simulasi yang telah diperbaiki akan dibandingkan dengan nilai tekanan uap menggunakan persamaan *Clausius Clapeyron* dan persamaan dari Hukum *Raoult* di

excel.

Uji coba simulasi dilakukan sebanyak 40 kali untuk setiap pengukuran. Total pengukuran tekanan uap sebanyak 33 pengukuran, yaitu pengukuran tekanan uap pelarut murni dan pengukuran tekanan uap larutan untuk zat terlarut sukrosa dan urea pada masing-masing massa (gram) untuk daerah pantai, perkotaan, dan pegunungan. Sedangkan titik temperatur untuk setiap percobaan terdapat sebanyak  $\pm 700$  titik. Dengan pertimbangan jumlah populasi yang terlalu banyak, keterbatasan waktu dan tenaga, serta diasumsikan bahwa seluruh populasi seragam, maka diambil beberapa sampel pada titik temperatur tertentu saja yang mewakili populasi, yaitu 1 per 10 dari total titik temperatur pada setiap pengukuran. Sebagai contoh data hasil uji coba simulasi pengukuran tekanan uap setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 3 untuk daerah pantai, Tabel 4 untuk daerah perkotaan, dan Tabel 5 untuk daerah pegunungan.

**Tabel 3.** Contoh Hasil Uji Coba Simulasi Daerah Pantai

<b>Tekanan Uap Pelarut Murni</b>						
<b>Suhu (°C)</b>	<b>60.0</b>	<b>70.0</b>	<b>80.0</b>	<b>90.0</b>	<b>100.0</b>	
p° (mmHg)	Simulasi 0	142.36	224.47	344.92	517.61	760.04
	Simulasi 1	142.45	224.43	344.95	517.56	760.05
	Simulasi 2	142.45	224.52	345.01	517.59	760.02
	Simulasi 3	142.43	224.46	344.97	517.64	760.13
	Simulasi 4	142.36	224.56	344.88	517.64	760.01
	Simulasi 5	142.44	224.49	344.91	517.68	760.06

Keterangan : Simulasi 0 = Nilai tekanan uap pada simulasi *versi 1.01*

**Tabel 4.** Data Hasil Uji Coba Simulasi Daerah Perkotaan

<b>Tekanan Uap Pelarut Murni</b>						
<b>Suhu (°C)</b>	<b>60.0</b>	<b>70.0</b>	<b>80.0</b>	<b>90.0</b>	<b>97.3</b>	
p° (mmHg)	Simulasi 0	142.36	224.47	344.92	517.61	686.56
	Simulasi 1	142.42	224.43	344.84	517.70	686.59
	Simulasi 2	142.41	224.52	344.93	517.57	686.52
	Simulasi 3	142.26	224.54	344.88	517.53	686.51

Tekanan Uap Pelarut Murni					
Suhu (°C)	60.0	70.0	80.0	90.0	97.3
Simulasi 4	142.33	224.55	344.84	517.53	686.51
Simulasi 5	142.46	224.52	344.99	517.64	686.51

Keterangan : Simulasi 0 = Nilai tekanan uap pada simulasi *versi 1.01*

**Tabel 5.** Data Hasil Uji Coba Simulasi Daerah Pegunungan

Tekanan Uap Pelarut Murni					
Suhu (°C)	60.0	70.0	80.0	90.0	92.9
Simulasi 0	142.36	224.47	344.92	517.61	579.86
Simulasi 1	142.43	224.52	344.95	517.67	579.82
Simulasi 2	142.32	224.42	344.86	517.57	579.92
Simulasi 3	142.26	224.47	344.95	517.55	579.81
Simulasi 4	142.41	224.41	344.91	517.59	579.84
Simulasi 5	142.43	224.54	344.93	517.67	579.94

Keterangan : Simulasi 0 = Nilai tekanan uap pada simulasi *versi 1.01*

Berdasarkan Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5, menunjukkan bahwa semua datum nilai tekanan uap pada setiap simulasi terjadi fluktuasi yang tidak dapat ditebak, hal ini menunjukkan simulasi bersifat stokastik dalam rentang nilai random  $\pm 0.1$  dari nilai tekanan uap pada simulasi *versi 1.01*.

Nilai standar deviasi dan  $t_{hitung}$  dari masing-masing hasil uji coba ditampilkan pada Tabel 6 untuk daerah pantai, Tabel 7 untuk daerah perkotaan, dan Tabel 8 untuk daerah pegunungan.

**Tabel 6.** Analisis Perhitungan Excel Daerah Pantai

Suhu (°C)	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
-----------	------	------	------	------	-------

Rerata P (mmHg)	142.36	224.48	344.93	517.62	760.04
Standar Deviasi	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05
$t_{hitung}$	0.34	1.30	0.73	1.14	0.38
$t_{tabel}$	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02

Tabel 7. Analisis Perhitungan Excel Daerah Perkotaan

Suhu (°C)	60.0	70.0	80.0	90.0	97.3
Rerata P (mmHg)	142.36	224.48	344.90	517.62	686.55
Standar Deviasi	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06
$t_{hitung}$	0.17	0.58	1.53	0.60	0.72
$t_{tabel}$	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02

Tabel 8. Analisis Perhitungan Excel Daerah Pegunungan

Suhu (°C)	60.0	70.0	80.0	90.0	92.9
Rerata P (mmHg)	142.35	224.48	344.92	517.60	579.86
Standar Deviasi	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06
$t_{hitung}$	1.07	1.75	0.37	0.89	0.40
$t_{tabel}$	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02

Dari Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8, diketahui nilai standar deviasi hasil simulasi *versi 1.02*  $\neq 0$ , yaitu sebesar 0.05-0.07. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi keheterogenan pada data, sedangkan hasil simulasi *versi 1.01* memiliki nilai standar deviasi 0 (nol) yang menandakan semua data memiliki nilai yang identik. Hal ini menandakan simulasi *versi 1.02* bersifat dinamis selalu mengalami perubahan, sedangkan *versi 1.01* bersifat statis. Perubahan ini berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu, tidak hanya pada waktu tertentu saja, yang dibuktikan dengan dilakukan uji coba sebanyak 40 kali tetap menghasilkan datum yang selalu bersifat dinamis dan stokastik, artinya simulasi bersifat kontinu.

Dari hasil uji beda (*t-test*), diketahui bahwa nilai  $t_{hitung} < t_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima,

yang berarti tidak ada perbedaan secara signifikan antara rerata nilai tekanan uap pada simulasi hasil rekonstruksi *versi 1.02* dengan tekanan uap pada simulasi *versi 1.01*. Jika tidak ada perbedaan secara signifikan rerata hasil simulasi *versi 1.02* dengan nilai tekanan uap pada simulasi *versi 1.01*, maka hasil rekonstruksi tidak berpengaruh terhadap rerata nilai tekanan uap. Berdasarkan nilai standar deviasi dan hasil analisis uji beda tersebut, simulasi hasil rekonstruksi menghasilkan simulasi yang bersifat dinamis, stokastik, dan kontinu, sehingga simulasi hasil rekonstruksi dinilai lebih baik dari simulasi *versi 1.01*.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran *versi 1.02* hasil rekonstruksi mencakup perbaikan konstruksi set alat sudah sesuai dengan informasi nama alat yang tepat. Sementara itu, data hasil simulasi penurunan tekanan uap yang diperoleh sudah bersifat dinamis, stokastik, dan kontinu dengan rentang nilai random  $\pm 0.1$  dari nilai tekanan uap pada *versi 1.01*. Berdasarkan hasil uji coba simulasi menunjukkan simulasi pada media pembelajaran berbasis *smartphone* sub materi penurunan tekanan uap larutan *versi 1.02* hasil rekonstruksi lebih baik daripada *versi 1.01* dengan menghasilkan nilai tekanan uap yang random, namun tidak memengaruhi rerata nilai tekanan uap.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

#### 6. REFERENSI

- Aripin, I. (2018). Konsep dan aplikasi mobile learning dalam pembelajaran biologi. *Jurnal Bio Educatio*, 3(1), 1-9.
- Arista, F.S., dan Heru, K. (2017). "Virtual physics laboratory application based on the android smartphone to improve learning independence and conceptual understanding". *International Journal of Instruction*. 11:8-14.
- Gonzalez, M. A., dan Martin, M. E. (2015). "Teaching and learning physics with smartphones". *Journal of Cases on Information Technology*. Vol 17: 31-50
- Mowad. (2014). "Smart home automated control system using android application and microcontroller". *International Journal of Scientific & Engineering Research*. Vol 5: 935-936.
- Mustofa, A. dan Khaled, S. (2017). "Academics' awareness towards mobile learning in Oman". *International Journal of Computing and Digital Systems*. Vol 6: 47-48.
- Roblyer, M. D. dan Doering, A. H. (2014). *Integrating Educational Technology into Teaching*. USA: Pearson
- Saputra, H. (2013). *Pemanfaatan Media Pembelajaran e-learning Sebagai Sarana Penunjang Proses Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Di Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Kundur Kabupaten Karimun* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU).
- Valentina, A., dan Nelly, A. (2015). "The role of e-learning, advantages and disadvantages of its adoption in higher education". *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*. Vol 12 : 29-31.

- Vichian, P. (2016). "Education 4.0. new challenge of learning". *Journal of Humanities and Social Science*. Vol 2: 93-94.
- Zhao, N., Wu, M., & Chen, J. (2017). "Android-based mobile educational platform for speech signal processing". *International Journal of Electrical Engineering Education*. 54(1), 3-16