



PENGEMBANGAN LABORATORIUM VIRTUAL BERBASIS VRML (VIRTUAL REALITY MODELLING LANGUAGE) PADA MATERI TEORI KINETIK GAS

Saifuli Sofi'ah[✉], Sugianto, Sugiyanto

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Januari 2017

Disetujui Januari 2017

Dipublikasikan April 2017

Keywords:

Virtual Laboratory; VRML;

Kinetic Theory of Gases

Abstrak

Kegiatan praktikum sebagai sarana penunjang pembelajaran fisika seringkali terkendala oleh beberapa hal seperti keterbatasan waktu, ketersediaan bahan, keamanan, dan materi yang abstrak. Teori kinetik gas merupakan salah satu konsep fisika yang bersifat abstrak. Penelitian ini mengembangkan media laboratorium virtual untuk menggambarkan perilaku partikel gas. Laboratorium virtual yang dikembangkan berupa simulasi komputer yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman VRML (*Virtual Reality Modelling Language*). Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model 4D yang terdiri atas tahap pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), penyebaran (*disseminate*). Metode pengumpulan data yang digunakan berupa angket dan dokumentasi. Hasil pengujian tahap pertama media oleh validator terhadap aspek teknis dan karakteristik teknologi sebesar 72,38%, aspek isi (*content*) sebesar 79,59%, aspek desain pembelajaran sebesar 78,57%. Hasil pengujian tahap kedua media dilakukan oleh mahasiswa pendidikan fisika Universitas Negeri Semarang memperoleh persentase 73,13%. Berdasarkan analisis hasil pengujian oleh validator dan tanggapan mahasiswa, media laboratorium virtual berbasis VRML layak digunakan sebagai alternatif media pembelajaran.

Abstract

Laboratory practice as a mean in supporting physics learning frequently faces some constraints such as limited time, the availability of materials, safety, and abstract material. Kinetic theory of gases is one of abstract physics concepts. This research developed media of virtual laboratory to portray the behavior of gas particles. Virtual laboratory was developed in form of computer simulation which was made by using programming language VRML (Virtual Reality Modelling Language). This research is a type of Research and Development using 4D model which consisted of definition phase, design phase, development phase, and disseminate phase. The method of collecting data used questionnaire and documentation. The first phase of the media tested by the validator resulted to the technical aspects and technological characteristics 78.38%, the content aspect 79.59%, and learning design aspect 78.57%. Meanwhile, the second phase of the media test was done by the students of Physics Education Program at Semarang State University with a percentage of 73.37%. Based on the analysis of test results by the validator and students feedback, the media virtual laboratory based VRML fits for use as an alternative media for learning.

PENDAHULUAN

Fisika terdiri dari banyak konsep dan prinsip yang abstrak. Oleh karena itu, pembelajaran fisika menekankan pemberian pengalaman langsung untuk memudahkan dalam pemahaman konsep. Pemberian pengalaman langsung dapat dilakukan melalui kegiatan praktikum. Suatu proses pembelajaran akan lebih bermakna dan siswa lebih mudah memahami adalah ketika proses belajar dilakukan tidak hanya secara teori namun juga dilakukan praktikum secara langsung dengan mengkaji langsung masalah yang ada dalam kehidupan sehari-hari (Kelly & Finlayson, 2007).

Pada kegiatan praktikum peserta didik lebih diarahkan pada *experimental learning* (belajar berdasarkan pengalaman konkrit) dalam membangun konsep atau ide baru. Peserta didik didorong untuk mengkonstruksi kembali pemahaman konseptualnya melalui kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum menjadi sarana untuk melakukan pembuktian terhadap kebenaran teori yang dipelajari.

Kegiatan praktikum dapat dilakukan di dalam atau di luar laboratorium. Laboratorium sebagai penunjang sarana pembelajaran mempunyai peranan penting dalam kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum fisika di laboratorium biasanya terkendala oleh beberapa hal di antaranya keterbatasan waktu, fasilitas laboratorium yang kurang memadai, dan faktor keamanan. Selain itu, karakteristik materi fisika yang melibatkan proses dan prinsip yang abstrak tidak dapat teramati secara kasat mata di laboratorium nyata (Manurung & Rustaman, 2010)

Perkembangan teknologi informasi memberikan kesempatan untuk mengembangkan pengajaran berbantuan komputer atau CAI (*Computer-Assisted Instruction*) seperti simulasi, tutorial, dan permainan bisa diperoleh lewat komputer. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin mendorong upaya pembaharuan dalam

pemanfaatan hasil-hasil teknologi dalam proses belajar. Penelitian yang dilakukan Widhiyanti & Ikhsanuddin (2007: 127) menunjukkan model pembelajaran berbasis teknologi informasi memberikan dampak yang positif terhadap kegiatan pembelajaran.

Salah satu pemanfaatan kemajuan teknologi di bidang pendidikan yaitu penggunaan laboratorium virtual sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium fisika. Laboratorium virtual merupakan simulasi dari alat, bahan, dan langkah pada laboratorium nyata melalui program komputer yang bersifat maya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Swandi *et al.* (2015) menyatakan bahwa peserta didik tertarik dengan tampilan simulasi media pembelajaran, mudah dalam menjalankan simulasi interaktif, membantu memahami materi pelajaran, serta senang dengan bantuan media laboratorium virtual.

Karakteristik pembelajaran menggunakan laboratorium virtual yaitu menciptakan lingkungan belajar yang terbuka dan fleksibel (Babateen, 2011). Sumber belajar tidak hanya berasal dari buku atau guru saja melainkan dari berbagai macam sumber. Pembelajaran menggunakan laboratorium virtual dilakukan secara menyeluruh melalui kelompok kecil atau individu sehingga terjadi komunikasi aktif antara siswa dan guru. Selain itu, dengan adanya laboratorium virtual terjadi kesinambungan antara aspek teori dan praktik.

Laboratorium virtual dapat menjadi alternatif dalam mengatasi masalah yang timbul pada laboratorium nyata. Pemanfaatan komputer sebagai media praktikum melalui fitur-fitur yang tersedia memberikan suasana yang lebih hidup dan menarik. Finkelstein *et al.* (2005) dalam penelitiannya tentang studi simulasi komputer sebagai pengganti perlengkapan laboratorium menemukan bahwa siswa menjadi lebih pandai dalam pelajaran tertentu jika mereka melibatkan waktu yang cukup dalam pembelajaran menggunakan

multimedia interaktif baik secara mandiri maupun kolektif.

Perangkat lunak yang digunakan dalam proses pengembangan laboratorium virtual ini adalah VRML (*Virtual Reality Modelling Language*). Menurut Bachtiar sebagaimana dikutip oleh Anas *et al.* (2006) VRML merupakan suatu format file untuk menggambarkan objek tiga dimensi di dalam dunia semu yang dapat dikendalikan oleh pengguna (*user*). Keunggulan program 3D VRML yaitu ukuran filenya yang relatif kecil dibandingkan dengan animasi 3D lainnya sehingga proses *loading*nya tidak memerlukan waktu yang lama.

Salah satu materi fisika yang bersifat abstrak yaitu teori kinetik gas. Teori kinetik gas merupakan konsep bahwa gas terdiri dari atom yang bergerak acak terus menerus (Giancoli, 2001: 467). Materi teori kinetik gas mengkaji objek fisika sampai pada tatanan atom atau partikel dalam gas ideal yang tidak dapat terlihat langsung secara kasat mata. Oleh karena itu, dibutuhkan media yang dapat menggambarkan perilaku partikel gas.

Berdasarkan permasalahan yang sudah dipaparkan sebelumnya, maka penggunaan laboratorium virtual sangat penting sebagai salah satu media pembelajaran untuk menunjang kegiatan praktikum laboratorium. Adapun kajian yang dipilih adalah pengembangan laboratorium virtual berbasis VRML pada materi teori kinetik gas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model 4D. Model 4D terdiri dari 4 tahap pengembangan yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develope*), dan penyebaran (*disseminate*) (Mulyatiningsih, 2012: 194-195).

Penelitian dilaksanakan di Jurusan Fisika FMIPA UNNES. Subjek penelitian ini adalah

laboratorium virtual berbasis VRML sedangkan objek penelitian yang dikaji adalah kelayakan laboratorium virtual berbasis VRML. Responden penelitian pada tahap pengujian pertama media dilakukan oleh dosen ahli sebagai validator sedangkan responden pada pengujian kedua media dilakukan oleh mahasiswa fisika FMIPA UNNES.

Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu angket dan dokumentasi. Sugiyono (2010: 199) menyatakan bahwa angket merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya. Angket yang digunakan dalam penelitian ini diukur dengan menggunakan skala semantik diferensial. Angket ini akan diberikan dalam bentuk lembar validasi dan angket tanggapan mahasiswa untuk mengetahui kelayakan laboratorium virtual berbasis VRML yang dikembangkan. Kelayakan laboratorium yang dinilai meliputi tiga aspek yaitu aspek aspek teknis dan teknologi, aspek isi (*content*), dan aspek desain pembelajaran. Pemilihan aspek tersebut berdasarkan pada penilaian media dan *software* pembelajaran elektronik oleh Karolcik *et al.* (2015).

Data hasil validasi pengembangan produk laboratorium virtual dan data hasil tanggapan mahasiswa dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif yang memaparkan hasil pengembangan produk dan kelayakan laboratorium virtual dalam pembelajaran fisika. Hasil persentase data validasi dikualitatifkan ke dalam kriteria penilaian seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kelayakan Laboratorium

Virtual	
Persentase	Kriteria
$78,58\% \leq x \leq 100\%$	Sangat layak
$57,15\% \leq x < 78,58\%$	Layak
$35,72\% \leq x < 57,15\%$	Kurang layak
$14,29\% \leq x < 35,72\%$	Tidak layak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian pengembangan laboratorium virtual berbasis VRML pada materi teori kinetik gas menggunakan model penelitian 4D. Model 4D terdiri dari 4 tahap pengembangan yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develope*), dan penyebaran (*disseminate*).

Tahap Pendefinisian

Tahapan pendefinisian dilakukan dengan maksud untuk menetapkan dan mengetahui tujuan pengembangan media. Pada tahap ini peneliti melakukan analisis masalah, analisis pengguna, serta analisis kebutuhan perangkat lunak maupun perangkat keras yang digunakan dalam proses pengembangan media.

Hasil analisis masalah yaitu adanya keterbatasan dalam pelaksanaan kegiatan praktikum terutama untuk konsep fisika yang abstrak. Kegiatan praktikum untuk materi teori kinetik gas sulit dilakukan karena tidak dapat terlihat langsung oleh mata. Sejauh ini dalam kegiatan pembelajaran materi teori kinetik gas guru berpedoman pada buku paket. Selain itu, media pembelajaran yang sudah ada saat ini masih dalam bentuk animasi dua dimensi (2D) sehingga kurang menggambarkan kondisi gerak partikel yang sebenarnya.

Analisis pengguna dilakukan untuk mengetahui siapa yang akan menggunakan media tersebut Hal ini perlu dilakukan karena akan menjadi pertimbangan dalam kegiatan perancangan desain media. Sasaran pengguna dari pengembangan media laboratorium virtual berbasis VRML pada materi teori kinetik gas adalah siswa SMA. Materi yang termuat dalam media ini disusun berdasarkan pada kompetensi dasar dalam kurikulum fisika SMA yang berlaku.

Analisis kebutuhan perangkat lunak (*software*) dilakukan untuk mengetahui perangkat lunak apa saja yang dapat mendukung pengembangan media. Pertimbangan lain terhadap perangkat lunak

juga disesuaikan dengan perangkat keras yang digunakan. Pada penelitian ini VRML browser yang digunakan adalah berjenis *plug-in* yaitu Cortona 3D Viewer. VRML *web browser* adalah perangkat lunak yang membaca *file* VRML dan menerjemahkan kode-kode VRML untuk ditampilkan sebagai lingkungan virtual 3D di layar monitor.

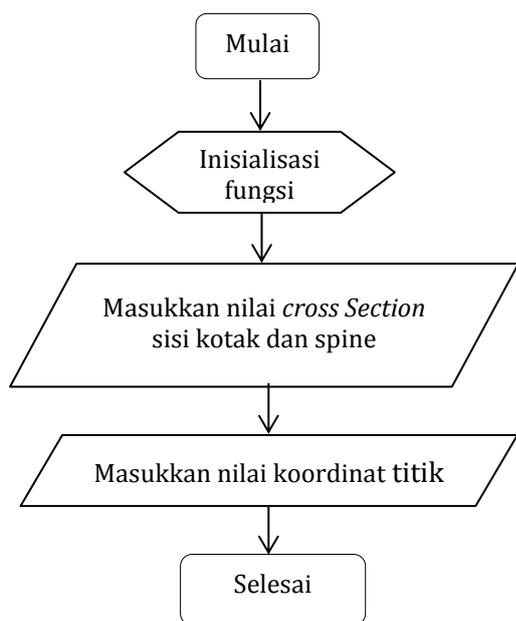
Tahap Perancangan

Tahap perancangan dilakukan dalam beberapa langkah yaitu membuat desain, validasi desain, dan perbaikan desain. Berdasarkan hasil analisis masalah, maka dibuatlah desain produk awal media laboratorium virtual berbasis VRML. Laboratorium virtual berbasis VRML ditampilkan melalui sebuah web *online* yang terdiri atas lima bagian utama yaitu *home*, materi, video, profil, dan evaluasi. Pada tahap ini desain media laboratorium virtual berbasis VRML yang sudah disempurnakan mulai disusun menggunakan alur penulisan program (*flowchart*).

Flowchart yang digunakan dalam pembuatan media terdiri atas tiga flowchart yaitu pembuatan kotak sebagai wadah partikel gas, sifat partikel gas, dan gerak acak partikel gas. Tahap awal pembuatan program dimulai dengan membuat kubus dengan metode ekstruksi untuk membuat kotak sebagai wadah partikel dapat dilihat pada gambar 1.

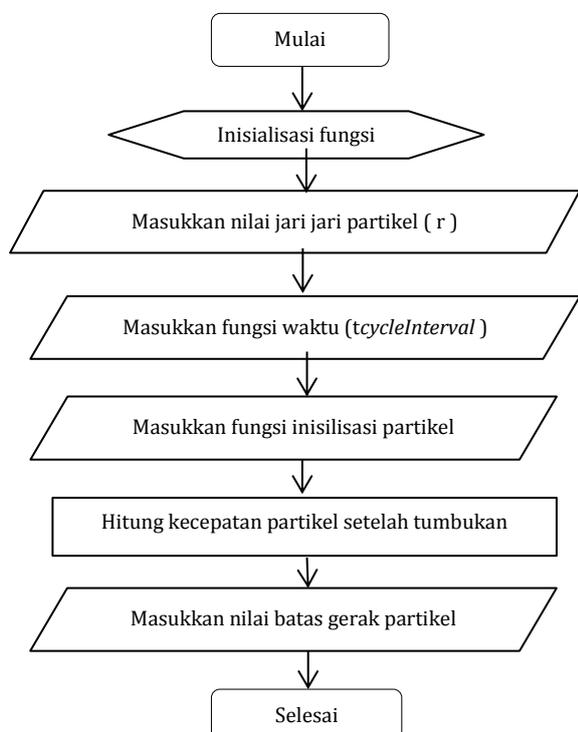
Laboratorium virtual materi teori kinetik gas dibuat dengan bahasa pemrograman VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) ditampilkan dengan cara disisipkan melalui sebuah web *online* yang terdiri atas lima bagian utama yaitu *home*, materi, video, profil, dan evaluasi.

Bagian *home* meliputi judul, pengertian laboratorium virtual, petunjuk penggunaan *website*. Petunjuk penggunaan *website* diharapkan dapat membantu pengguna (*user*) dalam menjalankan program. Panduan penggunaan *website* dilengkapi dengan petunjuk instalasi perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi dalam bentuk diagram alir agar mudah dipahami oleh pengguna.



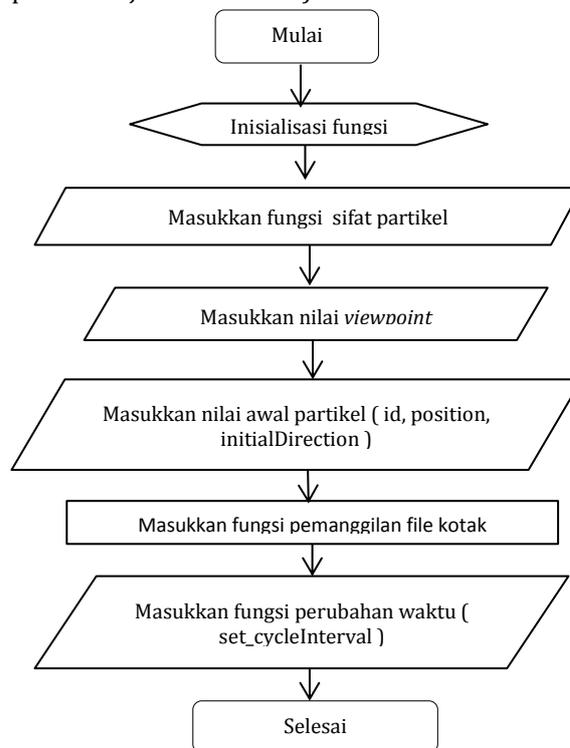
Gambar 1. Flowchart Pembuatan Kotak

Flowchart pendefinisian sifat partikel dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Pendefinisian Sifat Partikel

Langkah untuk menampilkan gerak acak partikel dijelaskan dalam *flowchart* Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Aplikasi Gerak Acak Partikel

Bagian materi berisi uraian materi dan simulasi yang ditampilkan dalam website. Uraian materi pada media dilengkapi dengan simulasi untuk membantu siswa memvisualisasikan pemahamannya. *Website* dilengkapi dengan artikel dan video mengenai aplikasi teori kinetik gas dalam kehidupan sehari-hari untuk menambah pengetahuan pengguna.

Bagian profil mendeskripsikan profil pengembang program (*developer*). Profil pengembang program berisi informasi kontak pengembang yang bertujuan untuk menampung kritik dan saran. Kritik dan saran yang masuk diharapkan dapat menjadi bahan penyempurnaan program. Bagian evaluasi berisi soal-soal latihan untuk mengetahui seberapa

jauh pemahaman mengenai materi teori kinetik gas.

Tahap Pengembangan

Proses pengembangan merupakan bagian utama dari penelitian ini, untuk dapat mengetahui bagian mana saja yang dapat dikembangkan maka tahapan ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Pembuatan

Tahap pembuatan meliputi *coding* dan *deploy*. *Coding* adalah tahap penulisan *script* yang digunakan untuk mengembangkan media. Penulisan *script* berdasarkan pada *flowchart* yang telah dibuat pada tahap perancangan. Media laboratorium virtual berbasis VRML dibangun dari tiga buah file yaitu kotak.wrl, partikel.wrl, play.wrl. Tahap *deploy* adalah tahap dimana aplikasi sudah dapat digunakan dan tersedia bagi pengguna. Pada penelitian ini tahap *deployment* dilakukan dengan cara mengunggah aplikasi pada alamat www.kinetikgas.net.

2) Pengujian 1

Pada pengujian tahap pertama dilakukan validasi terhadap kelayakan media laboratorium virtual menggunakan angket. Validasi dilakukan oleh tiga validator yang merupakan dosen pendidikan fisika. Data hasil validasi kelayakan disajikan dalam bentuk deskriptif persentase untuk menggambarkan aspek-aspek yang dinilai. Hasil validasi kelayakan media dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Kelayakan Media oleh Ahli

No	Aspek penilaian	Nilai (%)	Kriteria
1	Teknis dan karakteristik teknologi	72,38	Layak
2	Isi (<i>content</i>)	79,59	Sangat layak
3	Desain pembelajaran	78,57	Layak
Rata-rata		76,85	Layak

3) Revisi I

Revisi pertama dilakukan berdasarkan hasil analisis dari pengujian tahap pertama yang dilakukan oleh validator. Revisi yang dilakukan diantaranya melengkapi petunjuk instalasi dengan informasi mengenai kebutuhan minimum (*system requirements*) untuk mempermudah proses instalasi program, menambahkan aplikasi penampil program pada *server* agar pada saat program dijalankan secara *online* pengguna tidak perlu menginstal program terlebih dahulu, menambahkan parameter suhu untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kecepatan partikel gas agar simulasi yang dibuat lebih interaktif.

4) Pengujian II

Pengujian tahap kedua dilaksanakan pada hari Senin, 14 Oktober 2016. kepada 31 orang responden. Alasan pemilihan responden adalah responden merupakan mahasiswa semester lima yang sudah memperoleh materi mekanika, termodinamika, dan fisika dasar sehingga responden telah mempunyai pemahaman yang cukup tentang materi teori kinetik gas. Pengujian tahap kedua dilakukan untuk mengetahui kekurangan media sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan revisi akhir. Data hasil angket tanggapan mahasiswa disajikan pada Tabel 4.

5) Revisi II

Revisi tahap kedua merupakan revisi akhir produk. Revisi akhir produk dilakukan berdasarkan analisis hasil angket yang diberikan kepada mahasiswa. Saran yang diberikan adalah menambahkan *link download* agar media dapat digunakan secara *offline* oleh pengguna.

Tahap Penyebaran

Produk akhir dari pengembangan media laboratorium ini adalah simulasi materi teori kinetik gas yang dikemas dalam sebuah *website* pembelajaran fisika *online*. Tahap penyebaran dari hasil pengembangan media laboratorium virtual berbasis VRML pada materi teori kinetik gas telah diunggah dan dapat diakses secara *online* pada alamat www.kinetikgas.net. Produk

akhir media laboratorium virtual pada materi teori kinetik gas ditampilkan pada Gambar 4. Pembahasan

Media pembelajaran laboratorium virtual berbasis VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) merupakan sebuah media pembelajaran berupa simulasi yang dilengkapi dengan materi pembelajaran, artikel, video dan evaluasi yang terintegrasi dalam sebuah *website*. Pembuatan media pembelajaran ini bertujuan untuk membantu guru dalam mengajarkan konsep fisika dan sebagai sumber alternatif siswa untuk belajar mandiri di rumah.

Penggunaan website ditujukan agar media pembelajaran dapat digunakan kapan saja dan dimana saja asalkan ada jaringan internet.

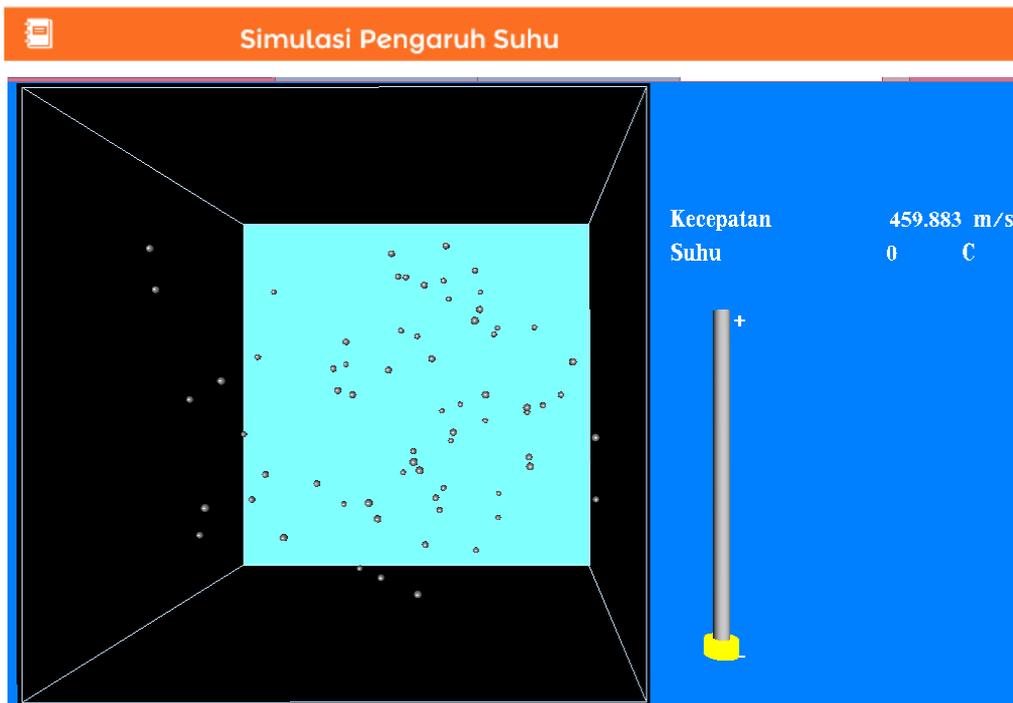
Laboratorium virtual yang dikembangkan berupa simulasi gerak acak partikel pada materi teori kinetik gas. Simulasi yang dibuat bertujuan untuk membangun pengetahuan siswa melalui sebuah model. Sebagaimana yang dinyatakan oleh alsultanny *et al.* (2014) bahwa penggunaan simulasi dalam *e-learning* dapat menurunkan miskonsepsi yang ditunjukkan dengan meningkatnya hasil belajar siswa.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Angket Tanggapan Mahasiswa

No.	Pernyataan	Nilai	Kriteria
1	Petunjuk instalasi program dapat dipahami dengan mudah	80%	Sangat layak
2	Program dapat diinstal dengan mudah	63,13%	Layak
3	Program dapat dijalankan pada <i>web browser</i> dengan lancar	75,58%	Layak
4	Gambar, video, dan simulasi yang disajikan menarik	82,03%	Sangat layak
5	Penulisan teks dalam program dapat dibaca dengan jelas	78,34%	Layak
6	Penggunaan gambar, video, dan simulasi memudahkan dalam penjelasan mengenai konsep fisika yang rumit	80,65%	Sangat layak
7	<i>Hyperlink</i> dalam program dapat berfungsi dengan baik	70,51%	Layak
8	Bahasa yang digunakan mudah dipahami	74,65%	Layak
9	Media pembelajaran ini mudah digunakan	64,52%	Layak
10	Saya tertarik menggunakan media ini	61,75%	Layak
Rata-rata		73,13%	Layak

Simulasi menjadi jembatan untuk mengatasi jurang pemisah antara teori matematis yang kompleks dengan kenyataan. Simulasi komputer juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk menggambarkan eksperimen seperti yang ada dalam laboratorium nyata. Penelitian yang dilakukan oleh Bayrak (2008) menunjukkan bahwa

pembelajaran menggunakan simulasi komputer dapat meningkatkan prestasi siswa dalam pelajaran fisika. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Hermansyah *et al.* (2015) menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa pada materi getaran dan gelombang.



Gambar 4. Produk Akhir Media Laboratorium Virtual berbasis VRML pada Materi Teori Kinetik Gas

Pada prinsipnya pembuatan media pembelajaran laboratorium virtual ini menitikberatkan pada pembuatan simulasi dengan bahasa pemrograman VRML (*Virtual Reality Modelling Language*). Hasil penelitian dalam pengembangan media pembelajaran laboratorium virtual berbasis VRML memiliki kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan dari laboratorium virtual berbasis VRML yaitu media dapat digunakan secara online maupun offline. Proses *loading* file simulasi yang dibuat dengan menggunakan VRML tidak berlangsung lama dan tidak membutuhkan memori yang besar. Selain itu media dapat memvisualisasikan gerak partikel pada materi teori kinetik gas dalam bentuk 3D. Kelemahan dari laboratorium virtual berbasis VRML adalah proses pembuatan simulasi menggunakan bahasa pemrograman VRML menggunakan *coding* sehingga untuk pemula membutuhkan waktu yang cukup lama. Proses instalasi program cukup sulit dilakukan jika komputer yang digunakan tidak memenuhi

spesifikasi minimal program. Selain itu, Simulasi yang dikembangkan hanya pada bagian materi gerak acak partikel gas dalam kotak dengan tambahan parameter suhu. Hal tersebut disebabkan oleh keterbatasan waktu peneliti.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembuatan dan pengembangan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran laboratorium virtual berbasis VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) pada materi teori kinetik gas telah dibuat dengan mengikuti model penelitian pengembangan 4D melalui tahap pendefinisian, tahap perancangan, tahap pengembangan, dan tahap penyebaran. Media pembelajaran laboratorium virtual berbasis VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) pada materi teori kinetik gas yang dihasilkan layak digunakan sebagai sumber belajar alternatif belajar bagi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsultanny, Y.A., Nouby, A.M., & Al-Enazi, T.T. 2014. Effects of Using Simulation in E-Learning Programs On Misconceptions and Motivations Towards Learning. *International Journal of Science and Technology Educational Research*, 5(3): 40-51.
- Anas, A., Hardyanto, W., & Akhlis, I. 2006. Pengembangan Program VRML (Virtual Reality Modelling Language) untuk E-learning berbasis Web Terintegrasi dalam PHP-MySQL Mata Kuliah Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa Pokok Bahasan Sistem Tata Surya. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 4(2).
- Babateen, H.M. 2011. The Role of Virtual Laboratories in Science Education. *5th International Conference on Distance Learning and Education IPCSIT*. Singapore: IACSIT Press.
- Bayrak, C. 2008. Effects of Computer Simulations Programs on University Students' Achievements in Physics. *The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)*, 9(4).
- Finkelstein, N.D., Adams, W.K., Keller, C.J., Kohl, P.B., Perkins, K.K., Podolefsky, N.S., Reid, S. & LeMaster, R. 2005. When Learning About The Real World is Better Done Virtually: A Study of Substituting Computer Simulation for Laboratory Equipment. *Computer and Education. Physical Review Special topics-Physics Education Research*, 1(1): 1-8.
- Giancoli, D. 2001. *Fisika Edisi Kelima 1*. Terjemahan Yuhilza Hanum. Jakarta: Erlangga.
- Hermansyah, Gunawan, & Herayanti, L. 2015. Pengaruh Penggunaan Laboratorium Virtual terhadap Penguasaan Konsep dan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa pada Materi Getaran dan Gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(2).
- Karolcik, S., Cipkova, E., Hrusecky, R., & Veselsky, M. 2015. "The Comprehensive Evaluation of Electronic Learning Tools and Educational Software (CEELTES)". *Journal Informatics in Education*, 14(2): 243-264.
- Kelly, O.C. & Finlayson, O.E. 2007. Providing Solution Through Problem Based Learning for the Undergraduate 1st Year Chemistry Laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3): 347-361.
- Manurung R.S. & Rustaman, Y.N. 2010. "Hands and Minds Activity" dalam Pembelajaran Fisika Kuantum untuk Calon Guru Prosiding Seminar Nasional Fisika. Medan : Universitas Negeri Medan.
- Mulyatiningsih, E. 2012. *Metode Penelitian Terapan Bidang Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Swandi, A., Hidayah, S.N., & Irsan, L.J. 2015. Pengembangan Media Pembelajaran Laboratorium Virtual untuk Mengatasi Miskonsepsi Pada Materi Fisika Inti di SMAN 1 Binamu Jeneponto. *Jurnal Fisika Indonesia*, 18(52): 20-24.
- Widhiyanti & Ikhsanuddin. 2007. Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep, Keterampilan Generik Sains, dan Kemampuan Berpikir Kritis. *Tesis*. Bandung : Sekolah Pascasarjana UPI.