



## Unnes Physics Education Journal Terakreditasi SINTA 3



<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej>

### Pengembangan Perangkat Pembelajaran Daring Berbasis Virtual Experiment Terhadap Pemahaman Konsep Siswa

Nida Maulida Rohmahwati ✉, Sunyoto Eko N

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

#### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima Januari 2023

Disetujui Februari 2023

Dipublikasikan April 2023

*Keywords: Online learning-set,  
virtual experiment*

#### Abstrak

Perangkat pembelajaran berbasis virtual experiment dikembangkan dengan tujuan menghasilkan sebuah perangkat yang layak digunakan dalam pembelajaran daring serta mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa. Perangkat yang dikembangkan adalah RPP dan LKPD, komponen utama yang dikembangkan yaitu indikator pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan penilaian. Karakteristik materi yang diterapkan untuk demonstrasi dalam virtual experiment yaitu gelombang berjalan dan gelombang stasioner menggunakan software phet. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (RnD), dengan model one group design. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XI MIPA 5 sejumlah 35 orang. Desain dan draft perangkat pembelajaran dibuat berdasarkan analisis kajian dokumen, selanjutnya dinilai oleh validator menggunakan lembar validasi. Skor lembar validasi RPP menghasilkan rata-rata 2,38 dan 2,5 yang artinya draft RPP layak digunakan dengan revisi. Skor lembar validasi LKPD menghasilkan rata-rata 2,42 dan 2,5 yang artinya draft LKPD layak digunakan dengan revisi. Setelah diperbaiki, dilakukan pengujian perangkat pembelajaran secara synchronous dan asynchronous. Hasil uji n-gain menunjukkan terdapat pengaruh dari penerapan perangkat pembelajaran berbasis virtual experiment terhadap pemahaman konsep siswa dengan peningkatan sebesar 46,8%. Hasil angket respon siswa merasa cukup puas mengenai penerapan perangkat pembelajaran daring di kelas.

#### Abstract

*Learning-set of virtual experiment was developed to produce a eligible learning-set in online class as able to improve students ' understanding of concepts. The learning-set include lesson plan and student's work paper, from the major components focusing on learning indicators, learning activities, and assessment. The characteristics material in virtual experiment are wave and stationary wave using the software phet. The method used in this research is Research and Development (RnD), with one group design model (pre-test and post-test). The subject of this research are 35 students from class XI MIPA 5. The design and draft of learning-set are based on analysis document study, further assessed by the validator using a validation sheet. The validation sheet scores of lesson plans are 2.38 and 2.5 which means the lesson plans are eligible for revision. The validation sheet score of student's work paper average of 2.42 and 2.5 which means that lkp drafts are eligible for revision. After that the learning-set performed tested with synchronous and asynchronous method. The result of t-test showed there was an influence from the application of virtual experiment-based learning tools to the understanding of student concepts with a gain of 46.8%.*

## PENDAHULUAN

Seiring pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, dibutuhkan akses pendidikan yang mendorong perkembangan kemampuan siswa di era globalisasi, kemajuan teknologi, era industri kreatif, dan pengaruh kekuatan ekonomi dunia. Aktivitas pembelajaran yang terencana dengan matang para calon penerus bangsa dapat mengembangkan potensi dan kemampuan dirinya sesuai jaman.

Proses pembelajaran di sekolah saat ini sedang terkendala oleh penyebaran virus corona yang masif. Untuk mencegah penularan yang lebih luas, semua sekolah ditutup untuk sementara waktu. Melalui Surat Edaran Mendikbud No.4 tahun 2020, semua aktivitas belajar mengajar dilaksanakan secara daring. Kurikulum 2013 tetap digunakan semua sekolah di Indonesia selama masa pandemi sehingga tidak terjadi transisi kurikulum.

Pengalihan pembelajaran tatap muka menjadi PJJ pada awal tahun 2020 diprediksi membuat pertumbuhan potensi keterampilan siswa menjadi tidak normal, sehingga dibutuhkan rencana pembelajaran yang adaptif di masa pandemi untuk membantu siswa belajar dari rumah (Kuhfeld *et al.* 2020). Penelitian yang dilakukan Samudra *et al.*, (2014) menunjukkan mayoritas siswa kurang memahami konsep-konsep fisika dikarenakan kompleksnya materi serta tuntutan untuk menghafalkan rumus. Siswa berharap pembelajaran fisika tidak didominasi oleh guru dan beralih menggunakan cara yang simpel dan kontekstual.

Sebagai inovasi dan pemenuhan kurikulum 2013 pembelajaran fisika, terutama pada kegiatan praktikum, dapat dilakukan dengan *virtual experiment* dalam bentuk *software phet*. *Virtual experiment* merupakan kegiatan praktikum menggunakan perangkat lunak atau komputer untuk menjalankan

fungsi-fungsi laboratorium layaknya eksperimen riil (Muthmainnah *et al.*, 2017). *Software phet* bertindak sebagai sebuah laboratorium *virtual* yang dapat diakses secara gratis oleh siswa. Penggunaan laboratorium *virtual* membantu siswa memvisualisasikan peristiwa di dunia nyata, selain itu siswa juga dapat berinteraksi dan mendemonstrasikan fenomena fisika dengan leluasa (Martínez *et al.*, 2011).

Penerapan *virtual experiment* pada pembelajaran daring diharapkan dapat membantu siswa memahami konsep dari suatu materi. Aktivitas belajar baru ini memperkaya pengalaman siswa dalam melaksanakan praktikum interaktif dan mendorong munculnya keterampilan saintifik atau keterampilan ilmiah. Melalui pembelajaran ilmiah siswa terbiasa untuk bertindak, berpikir, bersikap dan berkarya menggunakan kaidah ilmiah (Musfiqon, 2015).

Perangkat pembelajaran fisika sebagai implementasi kurikulum 2013 hendaknya dirancang untuk membantu siswa memahami materi fisika dengan cara yang humanis. Hal ini dikuatkan dengan Permendiknas Nomor 41 Tahun 2007 tentang Standar Proses yang mengatur tentang persyaratan bagi seorang pendidik pada satuan pendidikan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran. Guru diharuskan merancang kegiatan pembelajaran fisika yang efektif dan inovatif. Kemampuan guru dalam melakukan manajemen waktu, kelas, dan pembelajaran sangat berpengaruh pada efektivitas pembelajaran daring (Astuti, 2020).

Perangkat pembelajaran yang dikembangkan oleh Ayuningtyas *et al.* (2017) menunjukkan peningkatan ketuntasan hasil belajar proses sains sebesar 93%. Penelitian Wahyuni *et al.* (2018) menghasilkan sebuah perangkat pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan penguasaan konsep siswa. Pengembangan perangkat pembelajaran yang

dilakukan Yusuf *et al.* (2015) memadukan sesi kelas dan percobaan virtual menggunakan laboratorium virtual. Hasil penelitian ini menunjukkan aktivitas dan persepsi siswa meningkat di setiap pertemuan.

Perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* dikembangkan dengan tujuan menghasilkan set perangkat berupa RPP dan LKPD yang layak digunakan dalam pembelajaran, menganalisis keefektifan peningkatan pemahaman konsep siswa, dan mengetahui pendapat siswa setelah menggunakan perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment*. Karakteristik materi yang cocok diterapkan untuk kegiatan virtual experiment yaitu gelombang berjalan dan gelombang stasioner karena dibutuhkan pemahaman konstruktif berbagai macam gelombang melalui demonstrasi sederhana.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan atau dikenal sebagai *Research and Development* (RnD). RnD merupakan metode penelitian yang berfokus pada produksi instrumen, perangkat, alat maupun uji produk (Sugiyono, 2015). Prosedur penelitian ini bermula dari (i) adanya potensi dan masalah, (ii) mengumpulkan dokumen kajian, (iii) desain produk, (iv) mendesain produk, (v) validasi desain produk, (vi) merevisi desain, (vii) membuat draft produk, (viii) validasi draft produk, (ix) produk final, (x) uji produk. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XI MIPA 5 SMA N 1 Slawi yang berjumlah 35 orang dengan model one group design (*pre-test dan post-test*). Proses pengumpulan data menggunakan empat macam teknik yang dijelaskan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Teknik dan instrument pengumpulan data

Tinjauan penelitian	Teknik pengumpulan data	Instrumen pengumpulan data
Proses pengembangan perangkat pembelajaran	Kajian dokumen	Lembar pedoman kajian dokumen
Validasi perangkat pembelajaran	Validasi dari ahli	Pedoman validasi serta lembar penilaian
Pemahaman konsep	Pretest dan post test	Tes pilihan ganda
Respon siswa	Kuesioner atau angket	Angket

Studi pendahuluan dilakukan dengan metode kajian dokumen. Berbagai perangkat pembelajaran dikumpulkan dari beberapa sekolah untuk dianalisis kelengkapan komponennya, indikator yang ingin dicapai serta metode pembelajaran yang digunakan. Metode validasi digunakan untuk memberi penilaian kelayakan dan saran penggunaan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan. Untuk mengetahui pendapat siswa setelah menggunakan perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* digunakan angket respon siswa. Angket diberikan setelah uji coba produk selesai dilakukan sebagai data pendukung. Implementasi *pretest* dan *posttest* digunakan untuk mengamati proses peningkatan pemahaman konsep.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian pengembangan perangkat pembelajaran daring berbasis *virtual experiment* terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa mendeskripsikan dua hal pokok, yaitu (1) kelayakan perangkat pembelajaran daring berbasis *virtual experiment*, (2) analisis keefektifan peningkatan pemahaman konsep setelah menggunakan perangkat pembelajaran.

**Kelayakan Perangkat Pembelajaran**

Validator ahli terdiri dari satu orang dosen fisika dan satu orang guru fisika. Lembar validasi dan pedoman penilaian mengadaptasi dari penilaian RPP Fisika SMK Jawa Tengah. Kriteria kelayakan perangkat dibagi dalam tiga kategori (Depdiknas, 2004).

- i. Dikatakan layak tanpa revisi apabila kelayakan isi mendapat skor rata-rata minimal 2,75 dan faktor kebahasaan, penyajian, kegrafikan menghasilkan skor rata-rata  $\geq 2,5$
- ii. Dikatakan layak dengan revisi apabila setiap faktor kebahasaan, penyajian, kegrafikan menghasilkan skor rata-rata  $< 2,50$
- iii. Dinyatakan tidak layak apabila rata-rata skor =1

Hasil rata-rata skor kevalidan produk termasuk dalam kategori layak dengan revisi. Hasil validasi dan analisis perangkat pembelajaran dijabarkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2.** Hasil validasi RPP

No	Butir Penilaian RPP	Deskripsi	Skor Validator 1	Skor Validator 2
1	Terdapat nama sekolah, kelas, semester, tahun pelajaran, mata pelajaran dan alokasi waktu	Kejelasan nama sekolah, kelas, semester, tahun pelajaran, mata pelajaran dan alokasi waktu	5	5
2	Terdapat Kompetensi Dasar (KD), indikator pembelajaran, dan tujuan pembelajaran	Mencantumkan Kompetensi Dasar (KD), indikator pembelajaran, dan tujuan pembelajaran	5	5
3	Tujuan pembelajaran dirumuskan berdasarkan kompetensi dasar	Perumusan tujuan pembelajaran sesuai dengan Kompetensi Dasar	5	5
4	Terdapat unsur <i>audience, behaviour, condition, degree</i> (A, B, C, D) dalam tujuan pembelajaran	Mencantumkan unsur <i>audience, behaviour, condition, degree</i> (A, B, C, D)	4	5
5	Kegiatan pembelajaran yang disusun sesuai dengan kompetensi dasar	Kesesuaian kegiatan pembelajaran dengan Kompetensi Dasar	5	5
6	Kegiatan pembelajaran disusun secara sistematis untuk memunculkan nilai literasi dan karakter saintifik siswa	Keruntutan kegiatan pembelajaran dalam menginterpretasikan nilai literasi dan karakter saintifik	4	5
7	Terdapat metode pembelajaran, media, alat, dan sumber belajar yang	Kejelasan metode pembelajaran, media, alat, dan sumber belajar yang digunakan	5	5

	digunakan.			
8	Kegiatan pembelajaran disusun untuk melibatkan siswa secara menyeluruh.	Kegiatan pembelajaran berorientasi pada siswa	5	5
9	Mencantumkan instrumen penilaian yang digunakan	Kejelasan instrumen penilaian yang digunakan	5	5
Total Skor			43	45
Untuk menyempurnakan draft RPP validator memberi saran untuk memperbaiki format penulisan RPP, mengubah sedikit tujuan pembelajaran, serta menambahkan sumber belajar yang terbaru. Perhitungan skor lembar validasi menghasilkan rata-rata skor 2,38 dan 2,5 yang artinya draft RPP layak digunakan dengan revisi.				

**Tabel 3.** Hasil validasi LKPD

No	Butir Penilaian LKPD	Deskripsi	Skor Validator 1	Skor Validator 2
1	Kegiatan pembelajaran disusun secara runtut	Konsep kegiatan disajikan dengan jelas dan sistematis	5	5
2	Susunan kegiatan pembelajaran yang memunculkan kemampuan saintifik siswa	Mencantumkan kegiatan yang menumbuhkan kemampuan saintifik siswa	5	5
3	LKPD disusun untuk melahirkan perasaan keingintahuan siswa sehingga siswa berusaha untuk mengeksplor materi secara mandiri	LKPD memunculkan rasa ingin tahu siswa untuk mengeksplor materi lebih luas	5	5
4	Penyajian gambar mempermudah siswa untuk memahami materi	Gambar yang disajikan memudahkan siswa memahami materi	5	5
5	Penyusunan kalimat yang efektif dalam LKPD	Kalimat disusun secara efektif	4	5
6	Kata-kata yang terdapat dalam LKPD mudah dibaca dan tidak berbelit-belit	Kata-kata yang digunakan mudah dibaca	5	5
7	Menggunakan bahasa yang sederhana dan tidak membingungkan siswa	Bahasa disajikan secara sederhana sehingga mudah dipahami	5	5
Total Skor			34	35

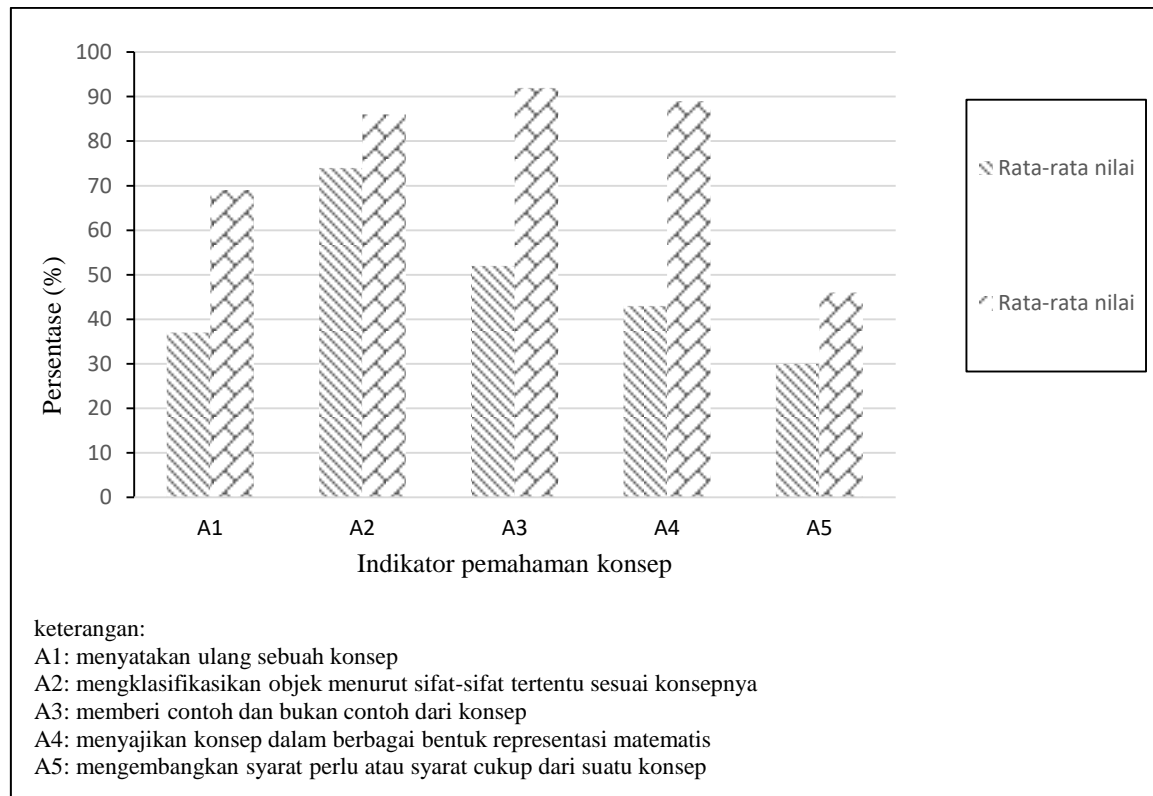
Draft LKPD yang diajukan sudah cukup baik, namun penulisan kalimat dan tata letak gambar perlu diperbaiki supaya lebih mudah dibaca. Perhitungan skor lembar validasi menghasilkan rata-rata skor 2,42 dan 2,5 yang artinya draft LKPD layak digunakan dengan revisi. Perangkat pembelajaran yang sudah direvisi selanjutnya diujikan di kelas. Pada akhir pertemuan siswa dimintai masukan melalui angket kuesioner.

#### **Implikasi Penggunaan LKPD untuk Mendorong Pemahaman Konsep Siswa**

Hasil uji *t-test* dengan bantuan software SPSS 21 menunjukkan nilai  $t_{hitung} : 9,022 > t_{tabel} : 2,457$  dengan kondisi  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Terdapat pengaruh dari penerapan perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa terhadap materi gelombang. Hasil uji N-Gain menunjukkan gain sebesar

46,8% atau 0,46, yang diinterpretasikan dalam kategori sedang. Perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* kurang efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa. Kondisi ini disebabkan karena peneliti tidak dapat mengawasi siswa secara langsung

sehingga sangat mungkin terjadi kolaborasi dan kerja sama antar siswa. Didapati banyak jawaban yang persis antara siswa yang satu dengan lainnya. Kejadian ini merupakan hal yang tidak bisa dikontrol saat pelaksanaan PJJ, akibatnya *output* kurang optimal.



**Gambar 1.** perbandingan skor pretest dan posttest tipe soal pemahaman konsep

Pemahaman konsep siswa diukur menggunakan lima indikator. Indikator A2 tidak menunjukkan peningkatan yang besar, namun pengetahuan awal siswa sudah cukup tinggi. Indikator A3 menunjukkan peningkatan sebesar 40% dengan ketuntasan hasil *posttest* mencapai 90%. Hal ini dikarenakan *virtual experiment* menghadirkan contoh nyata implikasi gelombang dalam *output* yang beragam, sehingga siswa lebih mudah mengidentifikasi berbagai contoh bentuk gelombang. Indikator A4 menunjukkan tingginya peningkatan hasil test hingga 50% yang berarti penerapan perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* berdampak besar pada pengetahuan siswa dalam menyajikan

bentuk representasi matematis suatu konsep. Penerapan perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* ini membuktikan dengan perencanaan kegiatan pembelajaran yang tepat dapat membantu meningkatkan pemahaman konsep siswa. Hal ini dikuatkan dari penelitian Haryadi & Pujiastuti (2020) pembelajaran menggunakan *phet simulator* dalam *virtual experiment* 37% lebih baik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. *Phet simulator* dapat diakses berulang-ulang sehingga siswa dapat belajar memahami konsep dan mengidentifikasi contoh-contoh gelombang.

Setelah dilakukan uji N-gain, dilakukan analisis keefektifan berdasarkan tiga kriteria. Astutik & Praharani (2018) menjabarkan kriteria keefektifan penggunaan *phet simulator* terhadap PJJ sebagai berikut:

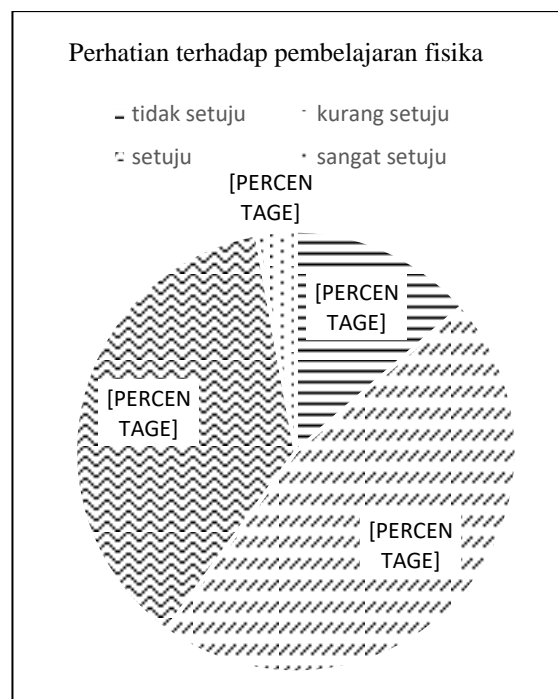
- (i). Peningkatan yang signifikan pada uji t-test dengan  $\alpha = 5\%$
- (ii). Rata-rata uji N-gain minimal berada pada kategori sedang
- (iii). Angket respon siswa menunjukkan hasil yang sangat positif

Hasil uji *t-test* dan uji gain menunjukkan peningkatan dan diinterpretasikan dalam kategori sedang, sedangkan angket respon menunjukkan sebanyak 57% siswa merasa puas dengan pembelajaran fisika menggunakan perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* dan 59% siswa berpendapat perangkat pembelajaran relevan dengan kebutuhan PJJ fisika. Semua kriteria keefektifan yang terpenuhi menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa.

Pada kegiatan *virtual experiment* siswa mensimulasikan peragaan sederhana menggunakan teknologi Laboratorium *virtual*. LKPD berperan sebagai panduan dalam melakukan eksperimen dan mencapai tujuan pembelajaran. Sebuah eksperimen yang tidak mempunyai panduan berpotensi menimbulkan inkonsistensi dan ketidakefektifan proses pembelajaran (Martínez et al., 2011). Langkah-langkah yang disusun dalam LKPD mendorong siswa untuk berpikir secara ilmiah dengan menyandarkan ekspektasi pada teori sehingga didapatkan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan pembelajaran. Siswa dilatih untuk mendeskripsikan ulang konsep gelombang dan membedakan contoh gelombang berdiri dengan gelombang berjalan melalui instruksi LKPD.

### Respons Siswa Terhadap Penerapan Perangkat Pembelajaran Berbasis *Virtual Experiment*

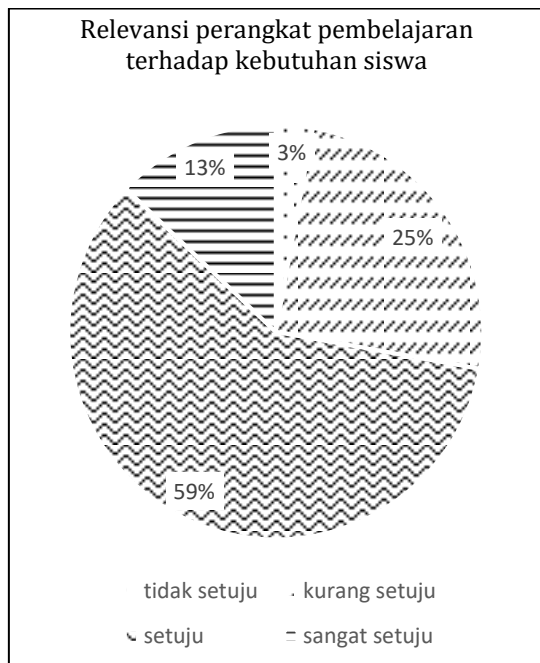
Untuk mengetahui pendapat siswa mengenai perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* digunakan angket tanggapan siswa. Angket diberikan setelah uji coba produk selesai dilakukan sebagai data pendukung. Angket respon siswa terdiri dari sembilan belas pernyataan dengan empat pilihan jawaban, yaitu tidak setuju; kurang setuju; setuju; sangat setuju. Pernyataan ini dapat bersifat terbuka/tertutup, diberi langsung ataupun dikirim secara digital (Sugiyono, 2015).



**Gambar 2** Tingkat perhatian siswa terhadap pembelajaran

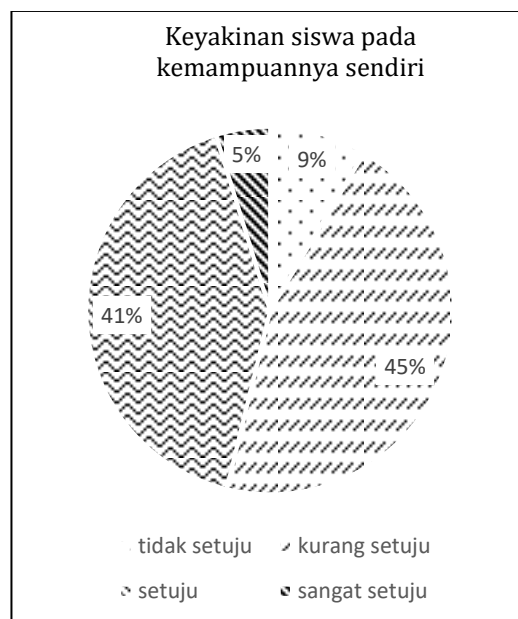
Indikator perhatian siswa terhadap pembelajaran siswa terdiri dari empat pernyataan mengenai minat dan pemahaman siswa dalam mapel fisika. Dari gambar 2, disimpulkan mayoritas siswa sulit berkonsentrasi setiap mapel fisika dikarenakan rumitnya materi yang diajarkan.

Hal ini disebabkan karena siswa kurang aktif belajar fisika.



**Gambar 3** Tingkat relevansi perangkat pembelajaran terhadap kebutuhan siswa

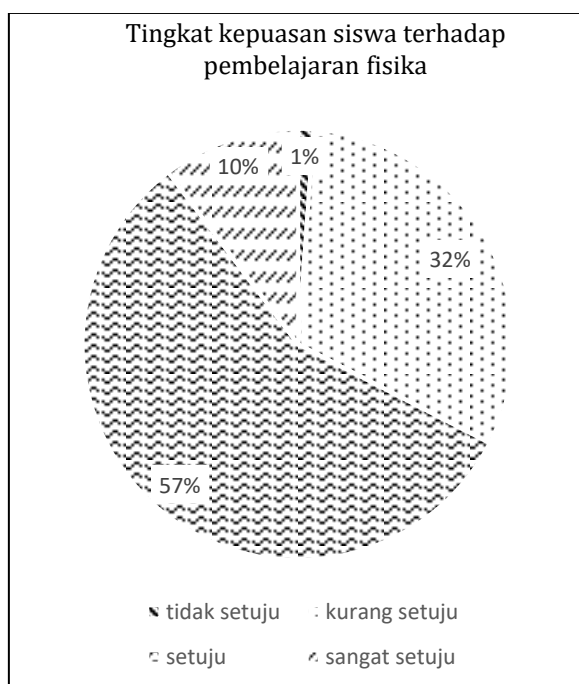
Indikator relevansi perangkat pembelajaran terhadap kebutuhan siswa terdiri dari empat pernyataan pendapat siswa mengenai manfaat pembelajaran fisika di sekolah. Dapat disimpulkan mayoritas siswa setuju mempelajari fisika bermanfaat bagi kehidupan mereka. Guru perlu memperkaya wawasan siswa mengenai peristiwa alam di lingkungan sekitar, supaya siswa semakin mengerti manfaat belajar fisika.



**Gambar 4** Tingkat keyakinan siswa pada kemampuannya sendiri

Indikator keyakinan siswa pada kemampuannya sendiri terdiri dari lima pernyataan pendapat siswa mengenai kepercayaan diri akan kemampuannya sendiri. Mayoritas siswa menganggap kemampuannya dalam menyelesaikan tugas fisika masih kurang, sedangkan sebagian lainnya sudah cukup percaya diri untuk menyelesaikan tugas fisika dengan kemampuannya sendiri. Guru perlu memotivasi siswa supaya lebih percaya diri serta tidak takut salah menjawab soal.





**Gambar 5** Tingkat kepuasan siswa terhadap pembelajaran fisika menggunakan perangkat yang sudah dikembangkan

Indikator kepuasan siswa terhadap pembelajaran fisika terdiri dari enam pernyataan pendapat siswa mengenai proses pembelajaran menggunakan perangkat yang sudah dikembangkan. Mayoritas siswa beranggapan proses pembelajaran fisika berjalan cukup baik. Beberapa hal seperti kemampuan penulis dalam membuat media, dan berkomunikasi dengan siswa perlu dievaluasi kembali.

## SIMPULAN

Perangkat pembelajaran daring berbasis *virtual experiment* dikembangkan untuk membantu guru mempersiapkan kegiatan belajar mengajar secara daring. Perangkat pembelajaran terdiri dari RPP dan LKPD yang memuat kegiatan *experiment virtual* melalui software *phet simulator*. Berdasarkan uji kelayakan oleh validator, RPP dan LKPD berbasis *virtual experiment* layak digunakan dalam pembelajaran. Hasil analisis penelitian

menunjukkan perangkat pembelajaran berbasis *virtual experiment* efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa dengan hasil N-Gain sebesar 46,8% memenuhi semua kriteria keefektifan. Siswa merasa cukup puas mengenai penerapan perangkat pembelajaran daring di kelas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, A. D., & Prestiadi, D. (2020). Efektivitas Penggunaan Media Belajar Dengan Sistem Daring Ditengah Pandemi Covid-19. *Prosiding Web-Seminar Nasional* (pp. 129-135). Malang: Universitas Negeri Malang.
- Astutik, S., & Praharani, B. K. (2018). The Practicality and Effectiveness of Collaborative Creativity Learning ( CCL ) Model by Using PhET Simulation to Increase Students ' Scientific Creativity. *International Journal of Instruction*, 11(4), 409-424.
- Ayuningtyas, P., W.W, S., & Supardi, Z. A. I. (2017). Pengembangan perangkat pembelajaran fisika dengan model inkuiri terbimbing untuk melatih keterampilan proses sains siswa SMA pada materi fluida statis. *Jurnal Penelitian Pendidikan Sains*, 4(2), 636.
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2020). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2).
- Kuhfeld, M., Soland, J., Tarasawa, B., Johnson, A., Ruzek, E., & Liu, J. (2020). Projecting the Potential Impact of COVID-19 School Closures on Academic Achievement. *Educational Researcher*, 49(8), 549-565.
- Martínez, G., Naranjo, F. L., Pérez, A. L., Suero, M. I., & Pardo, P. J. (2011). Comparative study of the effectiveness of three learning environments: Hyper-realistic virtual simulations, traditional schematic simulations and traditional laboratory. *Physical Review Special Topics - Physics*

*Education Research*, 7(2), 1–12.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020111>

paradigma pembelajaran abad 21 dan kurikulum 2013. *Pancaran*, 4(2), 189-200.

Musfiqon, M. P. N. (2015). *Pendekatan Pembelajaran Saintifik*.

Muthmainnah, Joni Rokhmat, J. 'Ardhuha. (2017). Pengaruh Penerapan Metode Pembelajaran Fisika Berbasis Eksperimen Virtual Terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas X MAN 2 Mataram Tahun Ajaran 2014/2015. *Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 3(1), 40–47.

Samudra, G., Suastra, M., & Suma, M. (2014). Permasalahan-Permasalahan yang Dihadapi Siswa SMA di Kota Singaraja dalam Mempelajari Fisika. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 4(1).

Surat Edaran Kemdikbud No.4 tahun 2020 tentang Pelaksanaan Kebijakan Pendidikan dalam Masa Darurat Penyebaran *Coronavirus Disease* (COVID-19). Tersedia di <https://pusdiklat.kemdikbud.go.id/>

Siaran Pers Kemendikbud No.137/sipres/A6/VI/2020

Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Permendiknas No.41 Tahun 2007 tentang Standar Proses untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah. Tersedia di <https://bsnp-indonesia.org>

Wahyuni, S., Kosim, K., & Gunawan, G. (2018). Pengembangan perangkat pembelajaran fisika berbasis inkuiri terbimbing berbantuan eksperimen untuk meningkatkan penguasaan konsep siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 4(2), 240-251.

Yusuf, I., Widyaningsih, S. W., & Purwati, D. (2015). Pengembangan perangkat pembelajaran fisika modern berbasis media laboratorium virtual berdasarkan