GRAVITASI
Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains
Vol (9) No (01) Edisi Juni Tahun 2026

https://ejurnalunsam.id/index.php/JPFS

Penerapan *Discovery Learning* berbantuan *Virtual Laboratory* untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Konsep Getaran di SMA

Esty Kamalah[1*], Hamdani[1], Naim Sulaiman[1]

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Tanjungpura
Jln. Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak Tenggara, Kalimantan Barat, 78124
Email Korespondensi: f1051211020@student.untan.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penerapan model pembelajaran Discovery Learning berbantuan Virtual Laboratory dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada konsep getaran di kelas XI SMA Negeri 8 Pontianak. Penelitian ini menggunakan desain one-group pretest-posttest design dengan jumlah sampel sebanyak 37 peserta didik. Instrumen penelitian berupa tes hasil belajar berupa pilihan ganda dan uraian yang telah diuji validitas. Uji normalitas data menggunakan Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data pretest (p = 0,330) dan posttest (p = 0,002) yang menunjukkan bahwa data posttest tidak normal. Oleh karena itu, analisis perbedaan hasil belajar dilakukan menggunakan Wilcoxon Signed Rank Test. Hasil uji Wilcoxon menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar yang signifikan (Z = -5.305; p < 0,000). Rata-rata skor pretest sebesar 58,00 meningkat menjadi 82,00 pada posttest. Perhitungan efektivitas menggunakan Cohen's effect size diperoleh nilai sebesar 0,81 yang termasuk dalam kategori tinggi. Dengan demikian, penerapan model pembelajaran Discovery Learning berbantuan Virtual Laboratory efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada konsep getaran.

Kata kunci: discovery learning, hasil belajar, konsep getaran, virtual laboratory

ABSTRACT

This study aims to determine the effectiveness of the implementation of the Discovery Learning learning model assisted by Virtual Laboratory in improving student learning outcomes on the concept of vibration in class XI of SMA Negeri 8 Pontianak. This study uses a one-group pretest-posttest design with a sample of 37 students. The research instrument is a multiple-choice and descriptive learning outcome test that has been tested for validity. The data normality test using Shapiro-Wilk shows that the pretest data (p = 0.330) and posttest (p = 0.002) indicate that the posttest data is not normal. Therefore, the analysis of differences in learning outcomes was carried out using the Wilcoxon Signed Rank Test. The results of the Wilcoxon test showed a significant increase in learning outcomes (Z = -5.305; p <0.000). The average pretest score of 58.00 increased to 82.00 in the posttest. The calculation of effectiveness using Cohen's effect size obtained a value of 0.81 which is included in the high category. Thus, the application of the Discovery Learning learning model assisted by Virtual Laboratory is effective in improving student learning outcomes on the concept of vibration.

Keywords: discovery learning, learning outcomes, Vibration concept, virtual laboratory

A. PENDAHULUAN

Fisika merupakan ilmu yang mempelajari berbagai fenomena alam beserta interaksinya melalui proses penyelidikan. Konsep dan pengetahuan dalam fisika diperoleh berdasarkan hasil penemuan dan kajian ilmiah. Pembelajaran fisika memiliki tujuan yaitu peserta didik dapat memperdalam pemahaman tentang prinsip-prinsip fisis alam semesta yang konsisten sehingga memiliki kemampuan berpikir kritis dilengkapi dengan

keterampilan penalaran kuantitatif serta peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor kedalam kinematika dan dinamika gerak partikel, usaha dan energi, fluida dinamis, konsep getaran, gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan konsep energi kalor dan termodinamika dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor.

Menurut Rachmawati & Hidayat (2020), banyak siswa menganggap fisika sulit karena konsepnya abstrak dan sulit dipahami, terutama tanpa contoh yang relevan dari kehidupan sehari-hari. Banyak siswa menganggap fisika terlalu sulit karena terlalu berfokus pada perhitungan matematika dan kurang pendekatan visual yang membantu pemahaman konseptual (Ningsih, R., & Wardani, S., 2018). Persepsi bahwa fisika itu sulit dapat menyebabkan hasil belajar yang rendah. Fisika, yang dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit, membuat siswa kurang termotivasi, yang pada gilirannya berkontribusi pada hasil belajar yang rendah. Hasil belajar yang buruk dalam fisika sering disebabkan oleh kesulitan siswa dalam memahami konsep fisika dasar, seperti mekanika, yang membutuhkan visualisasi dan penalaran logis. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Islamiyati, Nur (2018), terdapat 3 kelas dari 6 kelas yang belum mencapai kriteria kelengkapan minimum (KKM) pada tes harian materi getaran yang ditetapkan, yaitu 70. Kemudian, menurut penelitian oleh Halimatus Sya'diyah, Adisty., & Supardiyono (2020) menyatakan bahwa hasil kuesioner yang dibagikan memperoleh hasil belajar siswa yang kurang memuaskan. Lebih lanjut, dalam penelitian oleh Hariyanto, Tri (2020) menyatakan bahwa hasil tes harian materi getaran semester 1 tahun ajaran 2017/2018 di SMA Negeri 4 Pasuruan terdapat 25 siswa yang memperoleh nilai di bawah KKM.

Berdasarkan wawancara dengan guru fisika SMA Negeri 8 Pontianak, guru menyebutkan bahwa peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar getaran sehingga menyebabkan rendahnya hasil belajar peserta didik. Rendahnya hasil belajar tersebut diakibatkan pada saat pembelajaran berlangsung peserta didik kurang memperhatikan guru saat menjelaskan dan cenderung kurang aktif dikarenakan sibuk berbicara dengan temannya. Kesulitan peserta didik dalam memahami konsep dasar getaran dapat berujung pada terjadinya miskonsepsi. Salah satu bentuk miskonsepsi yang dialami siswa terdapat pada materi getaran, dimana siswa beranggapan bahwa semakin besar massa suatu bandul maka periode dan frekuensi bandul semakin kecil (Wulandari, 2015). Hamdani (2024) menemukan bahwa miskonsepsi terkait getaran dengan persentase 66,7%, dimana siswa menganggap bahwa frekuensi pada ayunan bandul dipengaruhi oleh massa, panjang tali, dan amplitudo.

Berdasarkan hasil penelitian Pardede et al. (2023) menyatakan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar peserta didik menggunakan model *discovery learning* pada materi getaran dan gelombang kelas VII SMP Negeri 14 Medan. Adapun pada penelitian lain, menurut Aprilia et al. (2020), pembelajaran dengan menerapkan model *discovery learning* ini dapat membuat peserta didik lebih mudah memahami materi yang disampaikan dan aktif dalam mengikuti proses pembelajaran. Menurut Aprilia et al. (2020) menyatakan bahwa hasil belajar peserta didik kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Adapun pada penelitian Nurhidayati et al. (2024) menyatakan bahwa penggunaan model *discovery* memberikan pengaruh hasil belajar peserta didik dibandingkan dengan metode konvensional. Dengan demikian, penerapan model *discovery learning* terbukti memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap hasil belajar peserta didik.

Selain pemilihan dalam model pembelajaran yang digunakan, guru juga harus memikirkan bagaimana mendukung model tersebut agar model *discovery learning* itu sendiri dapat digunakan dan diterapkan secara maksimal untuk dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik. Salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan memadukan model *discovery learning* berbantuan media *virtual laboratory*. *Virtual laboratory* dapat diartikan sebagai sekumpulan perangkat lunak yang menyediakan sarana dan

prasarana untuk melaksanakan kegiatan eksperimen. Kegiatan tersebut mencakup simulasi, animasi, dan video, serta menyediakan alat-alat eksperimen. Dengan memanfaatkan media ini, individu dapat melaksanakan kegiatan eksperimen tanpa harus menggunakan alat-alat laboratorium yang nyata (Sari, P. I., Gunawan, & Harjono, A., 2016). *Virtual laboratory* merupakan *software* yang dirancang untuk mensimulasikan proses laboratorium. *Virtual laboratory* dapat didefinisikan sebagai program komputer yang memungkinkan siswa untuk melakukan simulasi secara daring melalui web (Langngan, V. B., Tulendi, D. A., & Mandang, T., 2021).

Digunakannya media *virtual laboratory* dalam model *discovery learning*, penyelesaian masalah-masalah yang diberikan akan lebih menarik perhatian peserta didik sehingga diharapkan peserta didik menjadi lebih aktif dan hasil belajar peserta didik dapat meningkat. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Penerapan Model *Discovery Learning* Berbantuan *Virtual Laboratory* Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Kelas XI SMA Negeri 8 Pontianak Pada Konsep Getaran".

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan satu kelas yang diberi tes awal (O1), kemudian diberikan *treatment* (X) dengan pembelajaran menggunakan model *discovery learning* berbantuan *virtual laboratory* terhadap hasil belajar peserta didik, dan selanjutnya diberi tes akhir (O2). Keberhasilan *treatment* (X) dilihat dari tingkat efektifitas dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik dengan menggunakan model *discovery learning* berbantuan *virtual laboratory*.

Tabel 1. Desain Penelitian *One Group Pretest-Posttest Design*

Pretest	*Treatment*	*Posttest*
O_1	X	O_2

(Sumber: Sugiyono, 2019)

Keterangan:

O_1 : Tes awal *(pre-test)*

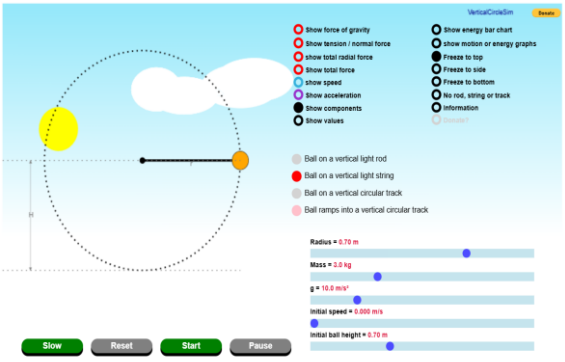
X : Penerapan model *Discovery Learning* berbantuan media *Virtual Laboratory*

O_2 : Tes akhir *(post-test)*

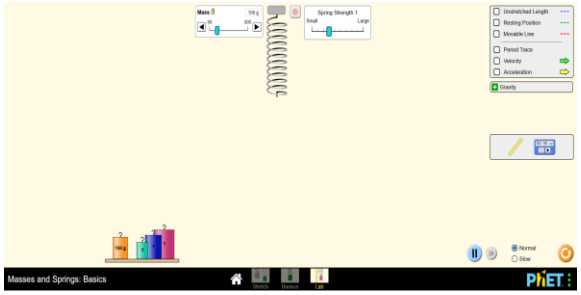
Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 8 Pontianak. Adapun populasi pada penelitian ini melibatkan seluruh peserta didik kelas XI SMA Negeri 8 Pontianak yang berjumlah 82 orang, terdiri dari 3 kelas dengan jumlah peserta didik kelas Fisika 1 37 orang, Fisika 2 sebanyak 23 orang, dan Fisika 3 sebanyak 23 orang. Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *intact group sampling*, sebuah metode *non-random sampling* dimana sampel diambil secara utuh dari satu kelompok dalam populasi yang bersifat homogen. Dalam hal ini, satu kelas ditetapkan sebagai kelompok yang diteliti. Sampel penelitian ini terdiri atas 36 peserta didik di kelas XI Fisika 1. Adapun instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah tes yang berupa tes pilihan ganda sebanyak 10 soal dan essay sebanyak 5 soal, lembar validasi LKPD materi getaran dengan model *Discovery Learning*, dan lembar validasi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 8 Pontianak dengan melibatkan satu kelas yaitu kelas XI Fisika 1. Kelas ini belajar tentang konsep getaran menggunakan model pembelajaran *Discovery Learning* berbantuan *Virtual Laboratory*. Adapun *virtual laboratory* yang digunakan adalah *PhET Simulations* dan *The Physics Classroom*. Berikut gambar simulasi pada *virtual laboratory* yang digunakan.



Gambar 1. *Pedulum Motion* pada *The Physics Classroom*

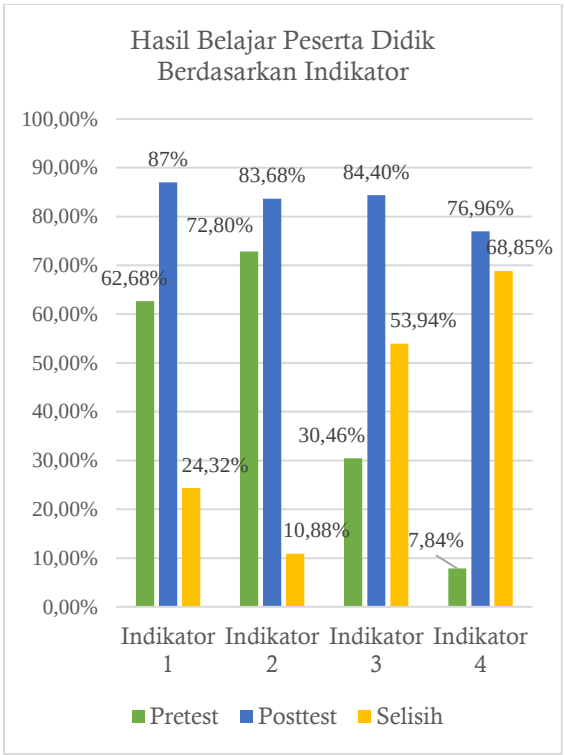


Gambar 2. ***Masses and Springs: Basics*** **pada** ***PhET Simulations***

Pada Gambar 1 simulasi dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis panjang tali dan massa bandul terhadap periode dan frekuensi getaran pada bandul. Kemudian, pada Gambar 2 simulasi dilakukan dengan tujuan menganalisis pengaruh panjang tali dan massa pegas terhadap periode dan frekuensi getaran pada pegas.

Hasil

Adapun hasil belajar peserta didik pada *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 3. Hasil ***Pretest*** **dan** ***Posttest*** **Pada Setiap Indikator**

Berdasarkan data pada Gambar 3, hal ini menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar peserta didik setelah diberikan perlakuan. Selisih rata-rata terbesar ada pada indikator pengaruh konstanta pegas dan massa pegas terhadap periode dan frekuensi yaitu sebesar 68,85%, kemudian rata-rata selisih terkecil ada pada indikator hubungan periode dan frekuensi yaitu sebesar 10,88%.

Sebelum melakukan uji beda, dilakukan uji normalitas terlebih dahulu yaitu uji Shapiro wilk untuk menentukan uji beda yang digunakan selanjutnya. Deskripsi hasil uji normalitas *pretest* dan *posttest* peserta didik untuk kelas eksperimen ditampilkan pada Tabel 2 seperti berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data ***Pretest*** **dan** ***Posttest***

Jenis Tes	Shapiro Wilk		
	Statistic	df	Sig
Pretest	0,967	37	0,330
Posttest	0,893	37	0,002

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa nilai signifikansi untuk skor *pretest* adalah 0,330 (Sig. > 0,05), yang menunjukkan bahwa data *pretest* berdistribusi normal, sedangkan nilai signifikansi untuk skor *posttest* sebesar 0,002 (Sig. < 0,05), yang berarti data *posttest* tidak berdistribusi normal. Oleh karena salah satu data tidak memenuhi asumsi normalitas, maka analisis dilakukan menggunakan uji statistik non parametrik yaitu uji *Wilcoxon signed-rank test.* Hasil analisis untuk skor hasil belajar *pretest* dan *posttest* ditampilkan pada Tabel 3 seperti berikut.

Tabel 3. Hasil Uji ***Wilcoxon signed-rank test***

	Posttest - Pretest
Z	*-5.305[b]*
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

Berdasarkan tabel di atas, hasil uji *Wilcoxon signed-rank test* menunjukkan nilai Z sebesar -5,305 dengan nilai Asym. *Sig (2 tailed)* sebesar 0,000 dengan Sig. < 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa Ha diterima dan Ho ditolak. Nilai ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor *pretest* dan *posttest* peserta didik sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran *Discovery Learning* berbantuan *Virtual Laboratory* pada konsep getaran terhadap hasil belajar di kelas XI SMA Negeri 8 Pontianak.

Pembahasan

Jika dilihat berdasarkan indikator capaian

belajar, peningkatan terjadi pada seluruh aspek yang diukur. Indikator pertama, yaitu pemahaman konsep dasar getaran (periode dan frekuensi), mengalami peningkatan dari 62,68% menjadi 87%. Pada indikator kedua, yaitu hubungan periode dan frekuensi, nilai meningkat dari 72,8% menjadi 83,68%. Indikator ketiga, yaitu pengaruh panjang tali dan massa benda terhadap periode dan frekuensi, menunjukkan peningkatan yang lebih besar, yaitu dari 30,46% menjadi 84,4%. Peningkatan terbesar terjadi pada indikator keempat, yaitu pengaruh konstanta pegas dan massa pegas terhadap periode dan frekuensi, yang meningkat dari 7,84% menjadi 76,96%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa peserta didik tidak hanya memahami konsep sederhana, tetapi juga mampu menganalisis hubungan antarvariabel yang lebih kompleks dalam fenomena getaran.

Perbedaan hasil belajar sebelum dan sesudah diberikan perlakuan juga dapat diketahui melalui uji hipotesis. Tetapi, sebelum dilakukan uji hipotesis, maka dilakukan uji prasyarat analisis terlebih dahulu. Uji prasyarat tersebut adalah uji normalitas yang menggunakan uji Shapiro-wilk, hasil uji menunjukkan data tidak berdistribusi normal karena nilai signifikansi pada data *posttest* <0,05. Kemudian, karena data *posttest* tidak berdistribusi normal, maka uji beda yang digunakan adalah uji *Wilcoxon signed-rank test* yang hasilnya sebesar 0,000. Hal ini menunjukkan bahwa Ha diterima dan Ho ditolak. Nilai ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor *pretest* dan *posttest* peserta didik sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran *Discovery Learning* berbantuan *Virtual Laboratory* pada konsep getaran terhadap hasil belajar di kelas XI SMA Negeri 8 Pontianak.

Peningkatan hasil belajar peserta didik melalui penerapan model *Discovery Learning* berbantuan *Virtual Laboratory* dapat dijelaskan melalui tahapan-tahapan pembelajaran yang dilalui. Pada tahap pemberian stimulus, peserta didik diarahkan untuk menganalisis fenomena nyata melalui gambar ayunan yang ditampilkan. Rangsangan berupa pertanyaan pemantik mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, menumbuhkan rasa ingin tahu, dan memotivasi mereka untuk mencari jawaban secara mandiri. Hal ini sejalan dengan temuan Putri et al. (2024) yang menegaskan bahwa pemberian stimulus mampu meningkatkan motivasi, konsentrasi, serta retensi belajar. Adapun gambar yang ditampilkan adalah seperti Gambar 2 berikut.



Gambar 4. Ayunan Pada Saat Pemberian Stimulus

Tahap berikutnya adalah identifikasi masalah, dimana peserta didik dilibatkan dalam kegiatan diskusi kelompok dan diarahkan untuk mengidentifikasi pengaruh panjang tali terhadap periode dan frekuensi ayunan. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep fisika, tetapi juga melatih keterampilan merumuskan masalah serta berpikir analitis. Ahzari et al. (2023) menunjukkan bahwa perumusan masalah secara sistematis dapat meningkatkan kemampuan analisis ilmiah dan hasil belajar fisika secara signifikan.

Pada tahap ketiga pengumpulan data, peserta didik melakukan eksperimen *melalui virtual laboratory* berupa *The Physics Classroom*. Melalui aktivitas ini, peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, melainkan terlibat langsung dalam pengamatan, pengukuran, dan pencatatan hasil. Tahap ini terbukti mampu meningkatkan keterampilan proses sains sekaligus memperdalam pemahaman konsep. Sejalan dengan penelitian Erlidawati & Habibati (2024), keterlibatan aktif dalam eksperimen berbasis virtual tidak hanya berdampak pada ranah kognitif, tetapi juga afektif dan psikomotorik.

Selanjutnya, pada tahap keempat pengolahan data, peserta didik menghitung periode dan frekuensi berdasarkan hasil eksperimen dari data yang telah disediakan oleh guru (data panjang tali, massa benda, dan banyaknya getaran) dan data hasil eksperimen yng telah dilakukan (data pada saat percobaan). Kegiatan ini mendorong mereka untuk menghubungkan teori dengan data empiris sehingga pemahaman konsep semakin

mendalam. Proses pengolahan data ini berperan penting dalam melatih kemampuan berpikir kritis, analitis, serta penerapan konsep fisika pada konteks nyata. Penelitian Umam et al. (2020) menegaskan bahwa analisis data kuantitatif secara mandiri dapat memperkuat penguasaan konsep fisika.

Tahap kelima yaitu pembuktian (verifikasi) menuntut peserta didik untuk membandingkan hasil eksperimen dengan teori yang ada. Kegiatan reflektif ini melatih keterampilan analisis (C4) dan evaluasi (C5), karena peserta didik tidak hanya menerima hasil, tetapi juga menguji kesesuaiannya dengan teori. Hal ini mendukung pernyataan Rohman & Fitria (2021) serta Fitriani et al. (2020) bahwa tahap verifikasi berperan penting dalam meningkatkan akurasi pemahaman konsep fisika.

Tahap terakhir, yaitu generalisasi (penarikan kesimpulan), mengarahkan peserta didik untuk merumuskan konsep yang telah dipelajari. Peserta didik mampu menyimpulkan secara logis bahwa semakin panjang tali ayunan, maka periode semakin besar dan frekuensi semakin kecil, sesuai dengan teori ayunan bandul sederhana. Proses ini mencerminkan keterampilan berpikir induktif serta memperkuat retensi jangka panjang. Penelitian Aulia & Elfia (2022) menunjukkan bahwa generalisasi dalam *discovery learning* efektif memperkuat pemahaman konsep dan daya ingat peserta didik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *discovery learning* berbantuan *virtual laboratory* memberikan dampak positif yang signifikan terhadap hasil belajar. Peserta didik tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual, tetapi juga menunjukkan sikap antusias, keterlibatan aktif, serta peningkatan kemandirian belajar. Keunggulan *virtual laboratory* terletak pada fleksibilitas, efisiensi, serta kemampuannya memvisualisasikan konsep abstrak, sehingga mampu mengatasi keterbatasan sarana laboratorium fisik. Hal ini sejalan dengan temuan Sari et al. (2016) dan Priscilia et al. (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis penemuan dengan dukungan media virtual efektif dalam meningkatkan hasil belajar fisika sekaligus menciptakan lingkungan belajar yang bermakna dan berpusat pada peserta didik.

Keberhasilan model ini juga diperkuat dengan hasil perhitungan *Cohen's effect size* sebesar 0,81 yang termasuk dalam kategori tinggi. Nilai ini menunjukkan bahwa penerapan *discovery learning* berbantuan *virtual laboratory* memiliki pengaruh yang kuat terhadap peningkatan hasil belajar. Hasil ini konsisten dengan penelitian Aini et al. (2022), Nursyamsi et al. (2025), dan Saputri et al. (2024), yang menyimpulkan bahwa kombinasi *discovery learning* dengan *virtual laboratory* memberikan capaian hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional.

Dengan demikian, dapat ditegaskan bahwa penerapan *Discovery Learning* berbantuan *Virtual Laboratory* efektif dalam meningkatkan hasil belajar, keterlibatan, dan pemahaman konseptual peserta didik pada materi getaran. Integrasi antara pembelajaran berbasis penemuan dengan teknologi simulasi virtual memungkinkan peserta didik untuk lebih mudah memahami konsep abstrak, mengatasi keterbatasan sarana laboratorium nyata, serta meningkatkan motivasi belajar. Temuan ini memberikan implikasi bahwa model pembelajaran ini dapat menjadi alternatif strategis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran fisika, khususnya pada materi yang bersifat abstrak dan sulit diamati secara langsung.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan model pembelajaran *discovery learning* berbantuan *virtual laboratory* efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata nilai *pretest* dari 34,97 menjadi 82,16 pada *posttest* dengan *effect size* sebesar 0,81 berkategori tinggi. Hasil uji hipotesis juga menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara hasil belajar sebelum dan sesudah pembelajaran. Peningkatan hasil belajar terjadi melalui tahapan *discovery learning*, seperti mengamati, mengidentifikasi masalah, melakukan percobaan virtual, menganalisis data, dan menarik kesimpulan sehingga peserta didik lebih aktif dalam memahami konsep getaran harmonis sederhana. Selain itu, peningkatan juga terlihat pada kemampuan peserta didik dalam menganalisis pengaruh panjang tali, massa bandul, konstanta pegas, dan massa pegas terhadap periode dan frekuensi

getaran. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan LKPD yang lebih interaktif serta memberikan orientasi awal penggunaan *virtual laboratory* agar peserta didik lebih mudah memahami pelaksanaan praktikum virtual secara mandiri.

E. DAFTAR PUSTAKA

Aini, M., Ridianingsih, D. S., & Yunitasari, I. (2022). Efektivitas model pembelajaran project based learning (PjBL) berbasis stemterhadap keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, *1*(4), 247-253.

Ahzari, S., Andini, K., Nabila, P., Januarizky, R., & Desnita, D. (2023). Meta-analisis pengaruh model Discovery Learning dalam pembelajaran fisika terhadap peningkatan hasil belajar siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, *6*(3). Retrieved from https://ojs.uho.ac.id/index.php/JIPFI/article/view/18712

Aprilia, D., Dewi, R. N., & Sari, P. (2020). Pengaruh model discovery learning terhadap pemahaman materi fisika pada siswa SMP. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 8*(2), 45–56.

Aulia Marisya, & Sukma, E. (2022). Penerapan model discovery learning untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi gerak harmonik. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, *8*(2), 112–119. https://doi.org/10.29303/jpft.v8i2.389

Erlidawati, E., & Habibati, H. (2024). Penerapan model Discovery Learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi Termokimia. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, *12*(1), 45–53. https://jurnal.usk.ac.id/JPSI/article/view/16099

Fitriani, R., Isnawati, I., & Handayani, T. (2020). Penerapan model eksperimen untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi getaran dan gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *8*(1), 1–9. https://doi.org/10.26618/jpf.v8i1.3650

Hamdani. (2024). Diagnosa miskonsepsi siswa tentang getaran. *Variabel, 7*(1).

Halimatus Sya'diyah, A., & Supardiyono. (2020). Penerapan model pembelajaran guided discovery berbasis laboratorium untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi getaran harmonik di SMA Negeri 1 Cerme. *Inovasi Pendidikan Fisika, 9*(2), 67–76.

Hariyanto, T. (2020). Studi analisis hasil belajar siswa pada materi getaran semester 1 di SMA Negeri 4 Pasuruan tahun ajaran 2017/2018. *Skripsi,* Universitas Negeri Malang.

Islamiyati, N. (2018). Analisis hasil belajar siswa pada materi getaran dalam ulangan harian di SMA Negeri 1 Palembang. *Skripsi,* Universitas Pendidikan Indonesia.

Langngan, V. B., Tulandi, D. A., & Mandang, T. (2021). Efektivitas laboratorium virtual sebagai media pembelajaran pada eksperimen viskositas. Jurnal Pendidikan Fisika, 2(2), 88–93. https://doi.org/10.53682/charmsains.v2i2.112

Ningsih, R., & Wardani, S. (2018). Tantangan dalam mengajarkan fisika: Persepsi siswa dan strategi guru. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni, 6*(2), 65–72.

Nurhidayati, S., Santoso, H., & Iqbal, A. (2024). Penggunaan model discovery learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan IPA, 9*(1), 24–33.

Priscilia, Y., Hamidah, I., & Nugraha, D. A. (2022). Efektivitas penggunaan virtual laboratory terhadap hasil belajar peserta didik pada pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, 18*(1), 34–42.

Pardede, H., Sitorus, P., & Hulu, A. B. (2023). Pengaruh model discovery learning terhadap hasil belajar pada materi getaran dan gelombang di SMP Negeri 14 Medan. *Jurnal Pendidikan Fisika, 10*(3), 195–202.

Putri, D. A., Niswandia, A. Z., Rahmawati, R., Zahiro, I. H. R., Wahyuni, S., & Bachtiar, R. W. (2024). Analisis pengaruh panjang tali terhadap frekuensi pada pendulum sederhana. *Jurnal Pendidikan MIPA, 14*(2), 551–555. https://doi.org/10.37630/jpm.v14i2.1594

Rachmawati, D., & Hidayat, T. (2020). Persepsi siswa terhadap kesulitan dalam belajar fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya, 8*(1), 45–52.

Rohman, A., & Fitria, R. (2021). Penerapan model Discovery Learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, *5*(2), 1280–1288. https://doi.org/10.31004/obsesi.v5i2.710

Saputri, T. A., Nisa, A. F., Al Masjid, A., & Khosiyono, B. H. C. (2025). The Influence of the PhET Virtual Lab Assisted PBL Model on Energy Transformation Material on the Learning Motivation of Elementary School Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *11*(4), 557-566.

Sari, P. I., Gunawan, G., & Harjono, A. (2016). *Penggunaan Discovery Learning Berbantuan Laboratorium Virtual pada Penguasaan Konsep Fisika Siswa*. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, *2*(4), 176–182.

Sari, R., Wati, M., & Misbah. (2016). Pengaruh penggunaan virtual laboratory terhadap hasil belajar fisika peserta didik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni, 5*(2), 213–223. https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v5i2.122

Siswono, T. Y. E. (2019).Paradigma penelitian pendidikan: Pengembangan teori dan aplikasi pendidikan matematika. Surabaya: Unesa University Press

Sugiyono. (2019). *Statistika untuk penelitian.* Bandung: Alfabeta.

Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D.* Bandung: Alfabeta.

Umam, A. K., Utami, R. W., Putri, A. H., Syaharani, A., & Antarnusa, G. (2020). Pengaruh rapat massa tali terhadap cepat rambat gelombang pada percobaan hukum Melde. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika, 3*(1). Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/sendikfi/

Wahyuni, L., & Pratama, Y. (2019). Analisis hasil belajar fisika siswa pada konsep mekanika. *Jurnal Ilmu Pendidikan Sains, 10*(3), 88–95.

Wulandari, N. A. (2015). Remediasi miskonsepsi siswa menggunakan model kooperatif tipe Teams Games Tournament (TGT) berbantuan kartu soal pada materi getaran di SMP. Diakses dari https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpdpb/article/view/12383 pada 27 November 2024