

**PENERAPAN MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN
SIMULASI PhET DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR
KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI DINAMIKA ROTASI**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada
Program Studi Pendidikan Fisika*



Oleh:
Fadia Mustikazahra
2102201

**PROGRAM STUDI SARJANA PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2025**

**PENERAPAN MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN
SIMULASI PhET DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR
KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI DINAMIKA ROTASI**

Oleh:
Fadia Mustikazahra
2102201

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Fisika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam

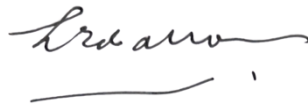
© Fadia Mustikazahra
Universitas Pendidikan Indonesia
2025

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang. Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya
ataupun sebagian, dengan dicetak ulang, disalin, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN
FADIA MUSTIKAZAHRA
PENERAPAN MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN
SIMULASI PhET DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR
KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI DINAMIKA ROTASI

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. Hera Novia, M.T.
NIP. 196811042001122001

Pembimbing II



Lina Aviyanti, S.Pd., M.Si., Ph.D
NIP. 197705012001122001

Mengetahui

Ketua Program Studi

Sarjana dan Magister Pendidikan Fisika



Dr. Achmad Samsudin, M.Pd.
NIP. 198310072008121004

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadia Mustikazahra

NIM : 2102201

Program Studi : Pendidikan Fisika

Fakultas : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan skripsi dengan judul “Penerapan Model *Problem Based Learning* berbantuan Simulasi PhET dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Dinamika Rotasi” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila dikemudian hari ditemukan pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya.

Bandung, April 2025

Yang membuat pernyataan,



Fadia Mustikazahra

NIM. 2102201

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat diberi kesehatan, kekuatan, dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Model *Problem Based Learning* berbantuan Simulasi PhET dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Dinamika Rotasi” tepat pada waktunya.

Penyusunan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi syarat dan tugas akhir dalam menyelesaikan studi Sarjana Pendidikan (S1) pada program studi Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Pendidikan Indonesia. Besar harapan agar skripsi ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan dan dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak yang membutuhkan. Namun, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis sangat menghargai kritik, saran, serta komentar yang membangun dari pembaca guna memotivasi dan mendukung penulis untuk berkembang lebih baik lagi di masa mendatang.

Bandung, April 2025

Yang membuat pernyataan,



Fadia Mustikazahra

NIM. 2102201

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT, dengan izin dan kehendak-Nya, peneliti berhasil menyelesaikan skripsi ini. Peneliti menyadari dengan do'a, dukungan, dan dorongan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Hera Novia, M.T., selaku dosen pembimbing 1, yang telah meluangkan waktu membimbing dengan sabar dan penuh dedikasi, serta memberikan masukan dan motivasi berharga selama proses penulisan skripsi ini.
2. Ibu Lina Aviyanti S.Pd., M.Si., PhD., selaku dosen pembimbing 2, yang telah meluangkan waktu membimbing dengan sabar dan penuh dedikasi, serta memberikan masukan dan motivasi berharga selama proses penulisan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Harun Imansyah, M.Ed., selaku dosen pembimbing akademik, yang telah meluangkan waktu memberikan arahan, nasihat, perhatian, dan motivasi yang diberikan selama masa studi.
4. Bapak Dr. Achmad Samsudin, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika, yang telah meluangkan waktu dan memberikan dukungan kepada penulis
5. Ibu Dra. Heni Rusnayati, M.Si., Ibu Fitria Arifiyanti, M.Pd., Bapak Rizki Zakwandi, S.Pd., M.Pd., Ibu Nurlivia Zahrani, S.Pd., dan Bapak Tri Utomo Budi, S.Pd., selaku validator ahli yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk membantu penulis dalam memvalidasi instrumen penelitian.
6. Seluruh pihak sekolah dan peserta didik kelas XI di SMA 3 Pasundan Kota Bandung, yang memberikan kesempatan dan pengalaman yang tidak ternilai bagi penulis untuk melaksanakan penelitian di sekolah tersebut.
7. Kedua orang tua tercinta, Almarhum Bapak Fadli Amir dan Ibu Surhayani, serta kakak-kakak tersayang Wirdayani, Ardian Herry Wibowo, Almarhum Rifki Irawan dan Fariz, atas kasih sayang, do'a yang tidak pernah terputus, dan segala pengorbanan yang tak tergantikan.
8. Teman-teman terdekat penulis selama perkuliahan, Julia Nur Aini, Ratu Zachrien Qalbia Dwi Ridwan, dan Wulan Puspitasari, atas kebersamaan, diskusi hangat, tawa, dan dukungan sepanjang perjalanan studi.

9. Rekan Kampus Mengajar, Helga Andinny Haq dan Ima Siti Maryam, atas kerja sama, semangat, serta pengalaman berharga yang telah dibagikan selama program Kampus Mengajar.
10. Sahabat-sahabat terbaik penulis sejak masa SMA, Anisa Septi Rahmasari dan Mutiara Zahra, yang selalu menjadi tempat berbagi cerita, dukungan, semangat, dan menjadi tempat berlabuh ketika lelah melanda.
11. Sahabat-sahabat tersayang, Ni Luh Putu Deya Widianatha, Putri Chichilia Nababan, dan Vitria Anggraeni, yang selalu hadir dalam suka dan duka, serta menjadi penyemangat selama penulis berada di perantauan.
12. Mohammad Nowaf, Siti Rubi Khodijah, dan Muhammad Sumbul, yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan ini, atas dukungan moral, semangat, dan pengertian yang telah diberikan selama proses panjang ini.
13. Seluruh teman angkatan Pendidikan Fisika UPI 2021 atas kebersamaan dan kenangan indah selama menempuh studi.
14. Seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Semoga segala bentuk bantuan dan kebaikan yang diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.
15. Terakhir, kepada diri saya sendiri Fadia Mustikazahra. Terima kasih telah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah meski dalam banyak keterbatasan. Setiap langkah yang telah ditempuh merupakan bentuk keberanian untuk terus bertumbuh.

Bandung, April 2025

Yang membuat pernyataan,



Fadia Mustikazahra

NIM. 2102201

**PENERAPAN MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN
SIMULASI PhET DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR
KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI DINAMIKA ROTASI**

Fadia Mustikazahra¹, Hera Novia¹, Lina Aviyanti¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl Dr. Setiabudhi 229 Bandung 40154, Indonesia

E-mail: fadia@upi.edu, heranovia@upi.edu, lina@upi.edu

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya berpikir kritis peserta didik SMA. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi dinamika rotasi, mengidentifikasi keefektifan model PBL berbantuan PhET dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, mendeskripsikan keterlaksanaan model PBL berbantuan PhET, serta memperoleh gambaran mengenai respons peserta didik terhadap penerapan model tersebut. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *quasi experimental design* tipe *nonequivalent control group design*. Populasi dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas XI (Fase F) di salah satu SMA di Kota Bandung, dengan dua kelas sebagai sampel yang dipilih menggunakan teknik *convenience sampling*, melibatkan 72 peserta didik yang terdiri dari 33 peserta didik kelas eksperimen dan 32 peserta didik kelas kontrol. Instrumen yang digunakan meliputi modul ajar dan LKPD sebagai instrumen pembelajaran, tes berpikir kritis berbentuk pilihan ganda sebanyak 13 soal untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui *pretest* dan *posttest*, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, serta angket respon peserta didik terhadap penerapan model pembelajaran. Data dianalisis menggunakan rata-rata persentase untuk keterlaksanaan dan respons peserta didik, *n-gain* untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis, serta uji *independent t-test* dan *effect size* untuk menguji efektivitas model pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen tergolong sangat baik dengan rata-rata skor keterlaksanaan sebesar 95,6%. Rata-rata *n-gain* keterampilan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen berada pada kategori sedang (0,49), lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang berada pada kategori rendah (0,27). Uji *t* menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kedua kelas, dengan nilai *effect size* berada dalam kategori sedang. Respons peserta didik terhadap penerapan model PBL berbantuan PhET juga tergolong baik, dengan rata-rata persentase sebesar 80,50%. Dengan demikian, penerapan model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi dinamika rotasi.

Kata Kunci: Model *Problem-Based Learning*, Simulasi PhET, Keterampilan Berpikir

Kritis, Dinamika Rotasi

APPLICATION OF PHET SIMULATION-ASSISTED PROBLEM BASED LEARNING MODEL IN IMPROVING STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS ON ROTATIONAL DYNAMICS MATERIAL

Fadia Mustikazahra¹, Hera Novia¹, Lina Aviyanti¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl Dr. Setiabudhi 229 Bandung 40154, Indonesia

E-mail: fadia@upi.edu, heranovia@upi.edu, lina@upi.edu

ABSTRACT

This study was initiated due to the low level of students' critical thinking skills. It aims to investigate the effect of implementing the Problem Based Learning (PBL) model assisted by PhET simulations in improving students' critical thinking skills on rotational dynamics, to identify the effectiveness of the model, to describe its implementation, and to explore students' responses to the model. The research employed a quantitative approach with a quasi-experimental design using a non-equivalent control group design. The population consisted of 11th grade students (Phase F) at a senior high school in Bandung, with two classes selected through convenience sampling, involving 72 students—33 in the experimental class and 32 in the control class. The instruments included learning tools (lesson plans and worksheets), a critical thinking test consisting of 13 multiple-choice items administered as pretest and post-test, an observation sheet for implementation, and a student response questionnaire. Data were analysed using mean percentages for implementation and responses, n-gain to measure improvement in critical thinking, and independent t-test along with effect size to determine the effectiveness of the model. The results showed that the implementation of the learning process in the experimental class was categorized as excellent with an average implementation score of 95.6%. The average n-gain of students' critical thinking skills in the experimental class was in the medium category (0.49), higher than the control class (0.27) which fell into the low category. The t-test revealed a significant difference between the two classes, with a medium effect size. Student responses to the PBL model assisted by PhET were also positive, with an average percentage of 80.50%. Thus, the implementation of the PBL model assisted by PhET simulations is effective in enhancing students' critical thinking skills on the topic of rotational dynamics.

Keywords: Problem-Based Learning Model, PhET Simulation, Students' Critical Thinking Skills, Rotational Dynamics.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Definisi Operasional	8
1.4.1 <i>Problem Based Learning</i> berbantuan Simulasi PhET	8
1.4.2 Keterampilan Berpikir Kritis	9
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.5.1 Manfaat Teoretis	9
1.5.2 Manfaat Praktis.....	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	11
2.1 Keterampilan Berpikir Kritis	11
2.1.1 Hakikat Keterampilan Berpikir Kritis	11
2.1.2 Tahapan Keterampilan Berpikir Kritis	12
2.2 Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	13
2.2.1 Definisi Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	13
2.2.2 Karakteristik Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	14
2.2.3 Sintaks Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	15
2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	16
2.3 Simulasi PhET (<i>Physics Education and Technology</i>).....	17
2.4 Model <i>Problem Based Learning</i> berbantuan Simulasi PhET	18
2.5 Hubungan antar Variabel	20

2.6 Dinamika Rotasi	22
2.6.1 Momen Gaya (Torsi)	22
2.6.2 Momen Inersia.....	24
2.6.3 Hubungan Momen Gaya dan Momen Inersia	24
2.6.4 Momentum Sudut	26
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Metode dan Desain Penelitian	29
3.2 Variabel Penelitian	30
3.3 Partisipan Penelitian	30
3.4 Instrumen Penelitian	30
3.4.1 Instrumen Pembelajaran	30
3.4.2 Instrumen Pengumpulan Data	30
3.5 Prosedur Penelitian	31
3.5.1 Tahap Pesiapan	31
3.5.2 Tahap Penyusunan Instrumen.....	31
3.5.3 Tahap Pelaksanaan.....	32
3.5.4 Tahap Akhir	32
3.6 Alur Penelitian	33
3.7 Teknik Analisis Data.....	34
3.7.1 Analisis Instrumen Tes Berpikir Kritis	34
3.7.1.1 Uji Validitas Tes.....	34
3.7.1.1.1 Validitas Isi.....	34
3.7.1.1.2 Validitas Konstruk.....	37
3.7.1.2 Uji Reliabilitas Tes	41
3.7.1.3 Tingkat Kesukaran Butir Soal	43
3.7.1.4 Daya Pembeda Butir Soal.....	45
3.7.1.5 Pengambilan Keputusan Butir Soal.....	47
3.7.2 Analisis Instrumen Pengumpulan Data	49
3.7.2.1 Analisis Keterlaksanaan Pembelajaran.....	49
3.7.2.2 Teknik Analisis Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis.....	50
3.7.2.2.1 Uji N-Gain.....	50
3.7.2.3 Analisis Efektivitas Model <i>Problem Based Learning</i> berbantuan simulasi PhET.....	50
3.7.2.3.1 Uji Normalitas	50
3.7.2.3.2 Uji Hipotesis.....	50

3.7.2.3.3 Uji Cohen's d <i>Effect Size</i>	51
3.7.2.4 Analisis Angket Respon Peserta Didik.....	52
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1 Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik.....	53
4.1.1 Analisis N-Gain	53
4.1.2 Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis pada Tiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.....	56
4.2 Efektivitas Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> berbantuan Simulasi PhET	67
4.2.1 Uji Normalitas	68
4.2.2 Analisis <i>Independent T-Test</i>	68
4.2.3 Uji <i>Effect Size</i>	70
4.3 Keterlaksanaan Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> berbantuan Simulasi PhET	72
4.4 Respon Peserta Didik.....	75
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI.....	79
5.1 Simpulan.....	79
5.2 Implikasi.....	80
5.3 Rekomendasi.....	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	12
Tabel 2.2 Matriks Hubungan antar Variabel	20
Tabel 3.1 Skema Penelitian Quasi-Experiment	29
Tabel 3.2 Sebaran Indikator Berpikir Kritis dalam Instrumen Berpikir Kritis	34
Tabel 3.3 Aspek Penilaian Instrumen Tes Berpikir Kritis.....	35
Tabel 3.4 Hasil Analisis Penilaian Validator Berdasarkan Tabel V Aiken.....	36
Tabel 3.5 Interpretasi Nilai item unidimensionality	37
Tabel 3.6 Kriteria MNSQ, ZSTD, dan Pt Measure Correlation	38
Tabel 3.7 Interpretasi Kesesuaian Butir Soal.....	39
Tabel 3.8 Hasil Interpretasi Kesesuaian Butir Soal	40
Tabel 3.9 Kriteria Penentuan Nilai Person Reliability dan Item Reliability.....	41
Tabel 3.10 Kriteria Penentuan Nilai Alpha Cronbach	42
Tabel 3.11 Interpretasi Tingkat Kesukaran Butir Soal.....	44
Tabel 3.12 Hasil Interpretasi Tingkat Kesukaran pada Tiap Butir Soal	44
Tabel 3.13 Interpretasi Nilai pt measure corr.....	46
Tabel 3.14 Hasil interpretasi daya pembeda pada tiap butir soal.....	47
Tabel 3.15 Rekapitulasi Validitas, Tingkat Kesukaran, dan Daya Pembeda	48
Tabel 3.16 Kategori Keterlaksanaan Model Pembelajaran.....	49
Tabel 3.17 Kategori Nilai N Gain Ternormalisasi.....	50
Tabel 3.18 Interpretasi Uji Hipotesis Independent Sample T-Test	51
Tabel 3.20 Interpretasi Cohen's d Effect Size.....	52
Tabel 3.21 Kategori Respon Peserta Didik terhadap Model.....	52
Tabel 4.1 Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran.....	73
Tabel 4.2 Hasil Uji N-Gain	54
Tabel 4.3 Rata-Rata N-Gain Tiap Indikator Berpikir Kritis	57
Tabel 4.4 Respon Peserta Didik di Setiap Aspek.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Torsi pada Kunci Pas	22
Gambar 2.2 Contoh Pemberian Gaya dengan Jarak Berbeda	23
Gambar 2.3 Partikel bermassa m berotasi mengelilingi sumbunya dengan jari-jari r	25
Gambar 2.4 Gerakan Penari Balet	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3.2 Output table item dimensionality	38
Gambar 3.3 Output table item fit untuk setiap butir soal	39
Gambar 3.4 Output nilai person reliability dan cronbach alpha	42
Gambar 3.5 Output nilai item reliability	43
Gambar 3.6 Output Nilai Measure	44
Gambar 3.7 Output Nilai pt measure correlation	46
Gambar 4.0.1 Kesulitan Peserta Didik dalam Menggunakan PhET	56
Gambar 4.2 Cuplikan Jawaban LKPD Melatih Interpretasi	58
Gambar 4.3 Cuplikan Butir Soal Mengukur Interpretasi	58
Gambar 4.4 Cuplikan Jawaban LKPD Melatih Interpretasi	59
Gambar 4.5 Kesulitan Peserta Didik dalam Menganalisis	60
Gambar 4.6 Butir Soal Mengukur Analisis	60
Gambar 4.7 Cuplikan Jawaban LKPD Melatih Evaluasi	61
Gambar 4.8 Butir Soal Mengukur Evaluasi	62
Gambar 4.9 Cuplikan Jawaban LKPD Melatih Inferensi	62
Gambar 4.10 Cuplikan Butir Soal Mengukur Inferensi	63
Gambar 4.11 Cuplikan Jawaban LKPD Melatih Eksplanasi	64
Gambar 4.12 Cuplikan Butir Soal Mengukur Eksplanasi	65
Gambar 4.13 Diagram Perbandingan N-Gain Tiap Indikator Berpikir Kritis	66
Gambar 4.14 Output Independent T-Test	69
Gambar 4.15 Output Uji Effect Size	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Modul Ajar	92
Lampiran 2. LKPD	127
Lampiran 3. Kisi-Kisi Instrumen Berpikir Kritis Sebelum Validasi.....	144
Lampiran 4. Lembar Validasi Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis	163
Lampiran 5. Hasil Validasi Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis	168
Lampiran 6. Kisi-Kisi Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis Setelah Validasi..	178
Lampiran 7. Data Hasil Uji Coba Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis.....	197
Lampiran 8. Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis	199
Lampiran 9. Kisi-Kisi Angket Respon Peserta Didik.....	207
Lampiran 10. Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran.....	209
Lampiran 11. Data Hasil Respon Peserta Didik	224
Lampiran 12. Hasil Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	226
Lampiran 13. Rekapitulasi Data Hasil <i>Pretest</i> Kelas Eksperimen	227
Lampiran 14. Rekapitulasi Data Hasil <i>Pretest</i> Kelas Kontrol.....	229
Lampiran 15. Rekapitulasi Data Hasil <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen.....	231
Lampiran 16. Rekapitulasi Data Hasil <i>Posttest</i> Kelas Kontrol.....	233
Lampiran 17. Rekapitulasi N-Gain Setiap Aspek Kelas Eksperimen.....	235
Lampiran 18. Rekapitulasi N-Gain Setiap Aspek Kelas Kontrol	236
Lampiran 19. Surat Permohonan Izin Penelitian.....	237
Lampiran 20. Surat Balasan Setelah Pelaksanaan Penelitian	238
Lampiran 21. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	239

DAFTAR PUSTAKA

- Aca, A. L., Sulisworo, D., & Maruto, G. (2020). The critical thinking skills impacts on the utilization of PhET simulation in the flipped classroom setting. *Proceedings of the International Conference on Community Development (ICCD 2020)*. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201017.024>
- Adams, W. K. (2010). *Student engagement and learning with PhET interactive simulations*. Il Nuovo Cimento C: Multimedia in Physics Teaching and Learning - MPTL14, 33(3), 21-32.
- Ahlamy, S. M., Susilawati, S., Padilah, H. N., & Izzatulhaq, A. (2022). Analisis pembelajaran fisika materi dinamika rotasi: Studi literatur publikasi ilmiah. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, dan Terapan Teknologi*, 1(2), 213–230. <https://doi.org/10.58797/pilar.0102.11>
- Aisyah, S. N., Kosim, K., Gunawan, G., & Gunada, I. W. (2024). The Effect of Problem-Based Learning Model Assisted by PhET Media on Students' Critical Thinking Skills. *Indonesian Journal of STEM Education*, 6(2), 86–101. Retrieved from <https://journal.publication-center.com/index.php/ijse/article/view/1649>
- Akbar, S.P dan H. Usman. 2006. Metode Penelitian Sosial. Bumi Aksara. Jakarta
- Alagumalai, S., Curtis, D. D., & Hungi, N. (2005). *Applied Rasch measurement: A book of exemplars*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Amalia, R., Kosim, K., & Gunada, I. W. (2022). Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah berbantuan simulasi PhET terhadap sikap ilmiah dan kemampuan berpikir kritis fisika peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2b), 747–756. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i2b.702>
- Ariadila, S. N., Silalahi, Y. F. N., Fadiyah, F. H., Jamaluddin, U., & Setiawan, S. (2023). Analisis Pentingnya Keterampilan Berpikir Kritis Terhadap Pembelajaran Bagi Siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(20), 664–669.
- Arikunto, S. (2015). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan* (Edisi 2, Cetakan keempat). Jakarta: Bumi Aksara.
- Astalini, A., Darmaji, D., Riantoni, C., & Susanti, N. (2019). Studi penggunaan PhET

- Interactive Simulations dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 6(2), 71. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v6i2.14202>
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Basri, H., Purwanto, P., As'ari, A., & Sisworo, S. (2019). Investigating Critical Thinking Skill of Junior High School in Solving Mathematical Problem. *International Journal of Instruction*. <https://doi.org/10.29333/IJI.2019.12345A>.
- Cohen, J. (1998). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge.
- Correia, A.P., Koehler, N., Thompson, A., & Phye, G. (2019). The application of PhET simulation to teach gas behavior at the submicroscopic level: Secondaryschool students' perceptions. *Research in Science & Technological Education*, 37(2), 193–217. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1487834>
- Damayanti, E., Yuliyanti, R., Najiah, M., & Nulhakim, L. (2023). Improving Critical Thinking Skills in Thematic Learning with the Help of Problem Learning Models. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 276–282. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i7.3689>
- Dewi, L. C., Imansyah, H., & Prakoso, A. S. (2024). Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik. *Jendelaedukasi.Id*, 4(02), 208–212. <https://www.ejournal.jendelaedukasi.id/index.php/JJP/article/view/6>
- Dy, A. U., Lagura, J. C., & Baluyos, G. R. (2024). Using PhET Interactive Simulations to improve learners' performance in science. *EduLine: Journal of Education and Learning Innovation*, 4(4), 520-530. <https://doi.org/10.35877/454RI.eduline2981>
- Ekmekci, A., & Gulacar, O. (2015). A case study for comparing the effectiveness of a computer simulation and a hands-on activity on learning electric circuits.

Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 11(4), 765–775. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1438a>

Facione, P. A. (1990). Critical Thinking : A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction Executive Summary “ The Delphi Report. *The California Academic Press*, 423(c), 1–19. http://www.insightassessment.com/pdf_files/DEXadobe.PDF

Facione, P. A. (2015). Critical Thinking : What It Is and Why It Counts. In *Insight assessment* (Issue ISBN 13: 978-1-891557-07-1.). <https://www.insightassessment.com/CT-Resources/Teaching-For-and-About-Critical-Thinking/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts-PDF>

Fakhri, A. (2023). Kurikulum Merdeka dan Pengembangan Perangkat Pembelajaran : Menjawab Tantangan Sosial dalam Meningkatkan Keterampilan Abad 21. *C.E.S (Confrence Of Elementary Studies)*, 1(1), 32–40.

Finucane, P. M., Johnson, S. M., & Prideaux, D. J. (1998). Problem-based learning: Its rationale and efficacy. *Medical Journal of Australia*, 168(9), 445–448. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.1998.tb139025.x>

Firmasari, T., Verawati, N. N. S. P., Makhrus, M., Gunawan, G. (2025). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Media PhET Simulation Terhadap Hasil Belajar Fisika Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dab Geofisika (Geoscienceed Journal)*, 6(1).

Fuada, S., Danuarteu, M. D., Agustin, S., Carmelya, A. A., Fadhilah, I., Heong, Y. M., & Kaewpukdee, A. (2023). Can PhET simulate basic electronics circuits for undergraduate students? *Jurnal Infotel*, 15(1), 97–110. <https://doi.org/10.20895/infotel.v15i1.861>

Haetami, A., Zulvita, N. ., Dahlan, Maysara, Marhadi, M. A. ., & Santoso, T. . (2023). Investigation of Problem-Based Learning (PBL) on Physics Education Technology (PhET) Simulation in Improving Student Learning Outcomes in Acid-Base Material . *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9738–9748. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.4820>

Fadia Mustikazahra, 2025

PENERAPAN MODEL PROBLEM BASED LEARNING BERBANTUAN SIMULASI PHET DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI DINAMIKA ROTASI
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. USA
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains. *American Psychologist*, 53(4), 449–455. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.53.4.449>
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2020). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022017>
- Hernández, Y. K.G, Moucharrafiéh, S. M., Guerra Rincón, D. M., & Hernández Chávez, W. J. (2025). Empowering educators: Enhancing teacher engagement for excellence in virtual education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 5(1), 1272–1283. <https://doi.org/10.25082/amler.2025.01.004>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Indarta, Y., Jalinus, N., Abdullah, R., & Samala, A. D. (2021). 21st Century Skills : TVET dan Tantangan Abad 21. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(6), 4340–4348. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i6.1458>
- Jamila, S., Verawati, N. N. S. P., & Makhrus, M. (2023) Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Media PhET terhadap Hasil Belajar Gelombang Berjalan dan Gelombang Stasioner Siswa Kelas XI. *LENSA: Jurnal Kependidikan Fisika*, 11(1), 8-14.
- Jauhari, T., Hikmawati., & Wahyudi. (2016). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media PhET terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas X SMAN 1 Gunungsari Tahun Pelajaran 2015/2016. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 2(1), 7-12.
- Karuru, P., Sipahelut, J., Riyanti, R., Saleh, M., & Makulua, K. (2024). Development of Technology-Based Learning Models to Enhance Critical Thinking Skills in Education Students. *Global International Journal of Innovative Research*, 2(1), 330–335. <https://doi.org/10.59613/global.v2i1.53>
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (2017). *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTs Kelas VII*.

- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. (2024). *Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah*
- Khoiri, N., Rejo, W., & Susilawati, S. (2020). Efektivitas Penggunaan Kit Ggl Induksi Untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 5(2), 24–30. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v5i2.26641>
- Kilroy, D. A. (2004). Problem based learning. *Emergency Medicine Journal*, 21(4), 411–413. <https://doi.org/10.1136/emj.2003.012435>
- Kurniati, I., Yuliani, Y., Suyono, S., & Mahroini, Z. (2022). Critical Thinking Skills Students on Solar System Material. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 11(2), 130–141. <https://doi.org/10.26740/jpps.v11n2.p130-141>
- Kurniawan, A. W. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif. CV Pustaka Ilmu.
- Kusaeri, Lailiyah, S., & Indayati, T. (2022). PHET and PBL: Do they work well together in improving mathematical critical thinking and problem solving ability? *Jurnal Pendidikan Progresif*, 12(2), 591–607. <https://doi.org/10.23960/jpp.v12.i2.202215>
- Marliani, N., Doyan, A., & Taufik, M. (2024). The Influence of Problem-Based Learning Model Assisted by PhET Media on Critical Thinking Skills and Physics Learning Outcomes of High School Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(9), 6316–6321. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i9.8681>
- Mawardi, M. (2018). Merancang Model dan Media Pembelajaran. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 8(1), 26–40. <https://doi.org/10.24246/j.js.2018.v8.i1.p26-40>
- Mujasam, Suliyati, Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2018). Penerapan model PBL menggunakan alat peraga sederhana terhadap hasil belajar peserta didik. *Jurnal Curricula*, 3(1), 11–22. <https://doi.org/10.22216/jcc.v3i1.2100>
- Mundandar, H., Sutrio., & Taufik, M. Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media Animasi Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Fisika Siswa SMAN 5 Mataram Tahun Ajaran 2016/2017. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 4(1), 111-120.
- Fadia Mustikazahra, 2025
PENERAPAN MODEL PROBLEM BASED LEARNING BERBANTUAN SIMULASI PHET DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI DINAMIKA ROTASI
 Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Murphy, K. (2004). Student Perceptions of the Advantages and Disadvantages of Problem Based Learning. *Journal of Clinical Speech and Language Studies*, 14(1), 64–76. <https://doi.org/10.3233/acs-2004-14105>
- Nainggolan, S. S., Johan, D. H. P., & Purwanto, A. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar di SMAN 7 Kota Bengkulu. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 14(1), 39-48. doi: 10.26877/jp2f.v14i1.13617
- Nepal, S. (2022). Teacher's Perception of Critical Thinking: Beneficial or Time Consuming? *The International Research Journal of Management Science*, 7(1), 147–154. <https://doi.org/10.3126/irjms.v7i1.50635>
- Nurkhasanah, D., Wahyudi, & Indarini, E. (2023). Penerapan Model Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas V SD. *Journal of Geographical Sciences and Education*, 1(2), 64–78. <https://doi.org/10.69606/geography.v1i2.60>
- OECD. (2024). *PISA 2022 Results (Volume I and II): What Students Know and Can Do*. Paris: OECD Publishing. Retrieved from <https://www.oecd.org>
- Paul, A. (2021). Tipler. Physics for scientists and engineers 8th edition.
- Perkins, K. K., Moore, E., & Chasteen, S. V. (2015). *Examining the Use of PhET Interactive Simulations in US College and High School Classrooms. 1*, 207–210. <https://doi.org/10.1119/perc.2014.pr.048>
- Petress, K. (2004). *Critical Thinking: An Extended Definition* (p. Vol. 124 No.3).
- Pranata, O. D., & Noperma, N. (2023). Critical Thinking Skills in Rotational Dynamics: Learning Physics With and Without Free-body Diagrams. Tarbawi: Jurnal Ilmu Pendidikan, 19(2), 153–164. <https://doi.org/10.32939/tarbawi.v19i2.4215>
- Prasetyarini, A., Fatmaryanti, S. D., & Akhdinirwanto, R. W. (2013). Pemanfaatan Alat Peraga Ipa Untuk Peningkatan Pemahaman Konsep Fisika Pada Siswa Smp Negeri I Buluspesantren Kebumen Tahun Pelajaran 2012/2013. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 2(1), 7–10. <https://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/radiasi/article/view/370>

- Prastowo, A. (2013). Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif Menciptakan Metode Pembelajaran yang Menarik dan Menyenangkan.
- Presanov, N. J., Muchtar, Y. R. D., & Utami, I. S. (2020). The Application of the Problem-Based Introduction Model Assisted by Bertis Cards Improves Critical Thinking of Material Balance and Rotational Dynamics. *EduTeach: Jurnal Edukasi dan Teknologi Pembelajaran*, 1(2), 34–47. <https://doi.org/10.37859/eduteach.v1i2.1943>
- Putranta, H., Jumaidi., Wilujeng, I. (2019). Physics learning by PhET simulation-assisted using problem based learning (PBL) model to improve students' critical thinking skills in work and energy chapters in MAN 3 Sleman. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 20(1).
- Putranta, H., & Kuswanto, H. (2018). Improving students' critical thinking ability using problem based learning (PBL) learning model based on PhET simulation. *SAR Journal*, 1(3), 77–78. <https://doi.org/10.18421/SAR13-02>.
- Radnai, T., Juhász, T. T., Juhász, A., & Jenei, P. (2019). Educational experiments with motion simulation programs: can gamification be effective in teaching mechanics? *Journal of Physics: Conference Series*, 1223, 012006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1223/1/012006>
- Rahmadita, N., Mubarak, H., & Prahani, B. K. (2021). Profile of Problem-based Learning (PBL) Model Assisted by PhET to Improve Critical Thinking Skills of High School Students in Dynamic Electrical Materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(4), 617–624. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i4.799>
- Rahmatia, F., & Fitria, Y. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 4, 2685–2692.
- Raj, T., Chauhan, P., Mehrotra, R., & Sharma, M. (2022). Importance of Critical Thinking in the Education. *World Journal of English Language*, 12(3), 126–133. <https://doi.org/10.5430/wjel.v12n3p126>
- Ramadan, E. M., Jumadi, & Astuti, D. P. (2020). Application of e-handout based on PhET simulation to improve critical thinking skills and learning independence of high school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 0–7.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012025>

- Riduwan. (2015). *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Rochim, R. A., Afidah, N., & Wulandari, D. (2024). Description of Students' Critical Thinking Skills After Implementing the Problem Posing Model Assisted by PheT in Distance Learning. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 5(3), 690–701. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v5i3.601>
- Rohmawati, L., Wulandari, R., & Wulandari, F. E. (2023). The Effect of Problem-Based Learning Integrated with PhET Simulation Media on Students' Critical Thinking Skills on the Topic of Simple Machines. *QUANTUM: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 14(1), 1-15.
- Rosyida, K. M. I., & Prahani, B. K. (2025). Enhancing students' critical thinking skills in physics: Exploring problem-based learning and mobile technology integration in rotational dynamics education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 5(1), 1301-1313. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2025.01.006>
- Rumimpunu, F. F. N., Londa, T. K., Polii, J., & Lolowang, J. (2024). Efektivitas penggunaan simulasi PhET terhadap hasil belajar siswa pada materi asas kontinuitas di SMA Negeri 1 Likupang. *SOSCIED*, 7(1), 1-18.
- Salame, I. I., & Makki, J. (2021). Examining the use of PhET simulations on students' attitudes and learning in general chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(4), e2247. <https://doi.org/10.21601/ijese/10966>
- Salsabila, N., Suryandari, K. C., & Salimi, M. (2023). The effect of pbl assisted by PhET simulation on critical thinking skilss in c;ass VI science learning at elementary schools in the banyumudal cluster, kebumen regency, academic year 2022/2023. *SEEDS: Science, Engineering, and Development Studies*, 7(1), 12-18. <https://doi.org/10.20961/seeds.v7i1.80909>
- Sari, E. D. K., & Mahmudi, I. (2024). *Analisis pemodelan Rasch pada assessment pendidikan (Analisis dengan menggunakan aplikasi WinStep)*. PT. Pena Persada Kerta Utama.

- Sarwanto, Fajari, L. E. W. ., & Chumdari. (2021). Critical Thinking Skills and Their Impacts on Elementary School Students. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 18(2), 161–187. <https://doi.org/10.32890/mjli2021.18.2.6>
- Savery, J. . (2006). Overview of problem-based learning: Devinition and distinction interdisciplinary. *Journal Problem-Based Learning*, 1(1), 9–20. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- Serungke, M., Muhibbudin., & Suhrawardi (2020). Implementation of problem-based learning (PBL) with virtual laboratory to improve students' critical thinking and achievement. *Journal of Physics: Conference Series*, 1460(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012134>
- Siahaan, J. H., Sihombing, S., & Simamora, B. A. (2022). Studi Komparasi Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dengan Menggunakan Model Pembelajaran Berbasis Masalah dan Model Pembelajaran Konvensional pada Mata Pelajaran IPS Terpadu Kelas VIII di SMPN 10 Pematangsiantar T.A. 2022/2023. *Cendikia : Media Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 13(2), 188–195.
- Sitompul, N. N. S. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP Kelas IX. *GAUSS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 45–54. <https://doi.org/10.30656/gauss.v4i1.3129>
- Stiawan, E., Liliyasi, L., & Rohman, I. (2014). Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Topik Teori Domain Elektron Melalui Simulasi Interaktif PhET Molecule Shapes. *Jurnal Pengajaran Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 19(2), 257. <https://doi.org/10.18269/jpmipa.v19i2.468>
- Sugiyono, D. (2013). Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D.
- Sumintono, B dan Widhiarso, W. (2015). *Aplikasi Model Rasch untuk Penelitian Ilmu-ilmu Sosial (edisi revisi)*. Cimahi: Trim Komunikata Publishing House
- Suranti, N. M. Y., Gunawan, G., & Sahidu, H. (2016). Pengaruh Model Project Based Learning berbantuan Media Virtual terhadap Penguasaan Konsep Peserta Didik pada Materi Alat-Alat Optik. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 2(2), 73-79.

- Takus, Y., Sunarno, W., & Wahyuningsih, D. (2021). The Critical Thinking Skills Analysis of High School on Rotational Dynamics. Proceedings of the 1st International Conference on Law, Social Science, Economics, and Education, ICLSSEE 2021, March 6th 2021, Jakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.4108/eai.6-3-2021.2306189>
- Tiyas, S. I. R. N., Khusaini, K., & Purwantini, A. (2024). Analisis Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) berbantuan Media PhET di SMA Brawijaya Smart School Malang. *Jurnal Ilmiah Nusantara*, 1(4), 909-919. <https://doi.org/10.61722/jinu.v1i4.1991>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.
- Verdian, F., Jadid, M.A., & Rahmani, M.N. (2021). Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika, 1(2),39-44. <https://doi.org/10.52434/jpif.v1i2.1448>
- Wati, S., & Nurhasannah, N. (2024). Penguatan Kompetensi Guru Dalam Menghadapi Era Digital . *Jurnal Review Pendidikan Dasar : Jurnal Kajian Pendidikan Dan Hasil Penelitian*, 10(2), 149–155. <https://doi.org/10.26740/jrpd.v10n2.p149-155>
- Widiarta, I. G. K. A. A. P. ., Antara, I. G. W. S., & Dewantara, K. A. K. (2023). Problem Based Learning Model Assisted by PhET Interactive Simulation Improves Critical Thinking Skills of Elementary School Students. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.23887/tscj.v6i1.61945>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). Physics. PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- Wirda, W., Mauvizar, E., Lubis, S. P. W., & Muzana, S. R. (2023). Utilization of PhET Simulations in Replacing Real Laboratories for Physics Learning. *Radiasi : Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 16(2), 71–79. <https://doi.org/10.37729/radiasi.v16i2.3539>
- Yuanata, B., Dwikoranto, D., & Setiani, R. (2023). Profile of the PhET Assisted Problem-Based Learning Model for Improving Critical Thinking Skills of High School Students. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 11(3), 870-880. doi:<https://doi.org/10.33394/j-ps.v11i3.8415>

- Zahara, S., Yusrizal, Y., & Rahwanto, A. (2015). Pengaruh Penggunaan Media Komputer Berbasis Simulasi Physics Education Technology (PhET) Terhadap Hasil Belajar Dan Keterampilan Berfikir Kritis Siswa Pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 3(1), 251–258.
- Zulianti, W. (2025). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Multimedia PhET Simulation terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. UNIEDU: *Universal Journal of Educational Research*, 5(3), 133-147.
<https://doi.org/10.1234/uniedu.v5i3.158>