



# Science, Engineering, Education, and Development Studies (SEEDS): Conference Series

Journal Homepage : <https://jurnal.uns.ac.id/seeds/index>

## THE EFFECT OF PBL ASSISTED BY PhET SIMULATION ON CRITICAL THINKING SKILLS IN CLASS VI SCIENCE LEARNING AT ELEMENTARY SCHOOLS IN THE BANYUMUDAL CLUSTER, KEBUMEN REGENCY, ACADEMIC YEAR 2022/2023

Nafisa Salsabila\*, Kartika Chrysti Suryandari, Moh Salimi  
Universitas Sebelas Maret

\*Correspondence: [nafisasls@student.uns.ac.id](mailto:nafisasls@student.uns.ac.id)

### Article Info :

#### Article history:

Received 6 June 2023

Accepted 7 July 2023

Available online 31 July 2023

#### Keywords:

*problem based learning, PhET simulation, critical thinking, natural science*

### Abstract

*Problem Based Learning equipped by PhET Simulation multimedia is a factor influencing student's critical thinking skills. The study aimed to examine: (1) the influence of Problem Based Learning equipped by PhET Simulation multimedia on critical thinking skills in natural science to sixth grade students and (2) the effectiveness of Problem Based Learning equipped by PhET Simulation multimedia on critical thinking skills in natural science to sixth grade students. This quantitative research design is quasi-experimental. The samples were 48 students from SDN 2 Panjer and SDN 1 Panjer. The study was conducted in 6 months. The sampling technique used purposive sampling. The results indicated that: (1) on the independent sample t-test, the value of Sig. (2-tailed) was  $0.046 < 0.05$ . (2) On the N-Gain test, the average value was 0.3923. It concludes that there are significant influences and effectiveness of Problem Based Learning equipped by PhET Simulation multimedia on critical thinking skills in natural science to sixth grade students of public elementary schools at Banyumudal Cluster, Kebumen Regency, in academic year of 2022/2023. This is in line with the advantages of PhET Simulation which makes it easier for students to explore their own knowledge critically. This research can be a reference for future research in the development of students' critical thinking skills.*



## PENDAHULUAN

Pendidikan berperan penting dalam menentukan mutu generasi milenial. Pendidikan di abad 21 ini tidak hanya sebatas memperoleh pengetahuan, namun juga membangun peta pengetahuan untuk berpikir lebih kritis dalam pemecahan permasalahan di kehidupan sehari-hari. Salah satu mata pelajaran yang membutuhkan keterampilan berpikir kritis yaitu Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Namun realitanya, potret pendidikan Indonesia di mata dunia pada kategori kinerja IPA atau sains yang erat kaitannya dengan keterampilan berpikir kritis masih tergolong rendah. Hal ini diperkuat oleh hasil studi Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) bahwa literasi sains Indonesia berada pada peringkat ke-45 dari 48 negara dengan skor 397 poin (Hadi & Novaliyosi, 2019). Sementara itu, menurut hasil studi Programme for International Student Assessment (PISA) untuk kategori literasi sains Indonesia berada di peringkat ke-71 dari 79 negara, dengan rata-rata skor 396 poin (OECD, 2019).

Rendahnya keterampilan berpikir kritis sains Indonesia dipengaruhi oleh banyak hal, antara lain kurikulum dan sistem pendidikan, model pembelajaran yang diterapkan oleh guru, sarana dan fasilitas belajar, sumber belajar, bahan ajar, dan lain sebagainya. Fenomena yang sering terlihat dalam proses pembelajaran sains yaitu guru menggunakan model kooperatif dan metode yang digunakan masih bersifat ceramah. Lebih lanjut, guru dalam pelaksanaan pembelajaran cenderung mendominasi kelas (teacher center) dan media yang digunakan belum interaktif melibatkan siswa ke dalam pembelajaran. Kondisi ini membuat siswa menjadi bosan dan tidak memperhatikan materi yang disampaikan oleh guru. Hal ini menjadikan proses pembelajaran dalam pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran IPA kurang maksimal. Padahal keterampilan berpikir kritis sangat diperlukan khususnya pada siswa sekolah dasar yang telah memasuki tahap operasional formal yaitu siswa kelas VI SD. Pada tahap ini, idealnya siswa dapat berpikir secara konkret dan kritis dalam pemecahan masalah. Namun realitanya keterampilan berpikir kritis siswa kelas VI masih tergolong rendah. Rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran IPA ditunjukkan pada hasil Penilaian Tengah Semester (PTS) kelas VI di empat SDN se-Gugus Banyumudal Kabupaten Kebumen, terdapat 35% siswa belum memenuhi Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang telah ditetapkan.

Berbagai upaya telah dilakukan oleh stakeholder di bidang pendidikan untuk memperbaiki kualitas pendidikan Indonesia pada kategori literasi sains. Salah satu upaya yang dilakukan yaitu melakukan perubahan dalam pembelajaran IPA melalui penerapan model pembelajaran yang tepat yaitu Problem Based Learning (PBL). PBL menurut Arends (Putra, 2012) adalah model pembelajaran yang dihadapkan pada permasalahan autentik sehingga siswa dapat meningkatkan keterampilan berpikir yang lebih tinggi dan inkuiri, serta menjadi mandiri dan percaya diri. Masalah yang disajikan oleh guru melalui penerapan model PBL merupakan sarana bagi siswa untuk mengintegrasikan ilmu dan mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Model PBL dipandang efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui penerapan multimedia yang interaktif.

Multimedia interaktif yang dapat digunakan dalam model pembelajaran PBL yaitu PhET Simulation. Definisi PhET Simulation menurut Prima, Putri, dan Rustaman (2018) "PhET Simulation creates an animated for abstract fact or invisible phenomena to be modeled by students". Multimedia PhET Simulation merupakan lab virtual dengan berbagai fitur animasi yang dapat menarik perhatian siswa untuk mengeksplor sendiri pengetahuannya. PhET Simulation digunakan oleh guru untuk membimbing siswa dalam pemecahan masalah dan investigasi pada materi rangkaian listrik. Oleh karena itu, penerapan PhET Simulation perlu diterapkan dalam model PBL mengingat model pembelajaran ini menuntut siswa untuk melakukan pemecahan permasalahan sehingga PhET Simulation merupakan media alternatif untuk memotivasi siswa selama pembelajaran. Hal ini sejalan dengan kelebihan PhET Simulation menurut Perkins (Zahara, dkk., 2015) yaitu: (1) proses pembelajaran menjadi lebih produktif dan menyenangkan, (2) guru menjadi lebih efektif dalam pemberian tugas, (3) meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, (4) menjadi media yang komprehensif.



Model Problem Based Learning (PBL) berbantuan multimedia PhET Simulation dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa yang dibuktikan dari beberapa penelitian. Berdasarkan hasil penelitian Putranta dan Kuswanto (2018) menunjukkan bahwa penggunaan model PBL berbasis PhET Simulation efektif diterapkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Hal ini senada dengan penelitian Yulianti dan Gunawan (2019) bahwa penerapan model PBL memberi effect yang tinggi terhadap keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa pada mata pelajaran fisika. Selain itu, menurut Zahara, Yusrizal, dan Rahwanto (2015) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa penggunaan media PhET Simulation dapat meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis siswa dibandingkan pembelajaran konvensional.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, tujuan penelitian yaitu: (1) menguji pengaruh signifikan model Problem Based Learning (PBL) berbantuan multimedia PhET Simulation terhadap keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA siswa kelas VI, (2) menguji keefektifan model Problem Based Learning (PBL) berbantuan multimedia PhET Simulation terhadap keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA siswa kelas VI.

## METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif metode quasi eksperimental dikarenakan penelitian ini tidak dapat berfungsi sepenuhnya untuk mengontrol variabel-variabel luar yang mempengaruhi pelaksanaan eksperimen (Sugiyono, 2015). Lebih lanjut, quasi eksperimental menurut White dan Sabarwal (2014) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kelompok pembanding yang memiliki karakteristik awal sama dengan kelompok pembanding yang diberikan treatment. Desain quasi eksperimental yang digunakan yaitu Nonequivalent Control Group Design. Sampel penelitian adalah sebagian siswa kelas VI SDN se-Gugus Banyumudal Kabupaten Kebumen tahun ajaran 2022/2023 dengan jumlah 48 siswa dari populasi keseluruhan yaitu 120 siswa yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Sampel pada kelas eksperimen diterapkan treatment model Problem Based Learning (PBL) berbantuan multimedia PhET Simulation, sedangkan sampel sebagai kelas kontrol diterapkan model kooperatif.

Teknik pengumpulan data menggunakan observasi dan tes. Instrumen tes yang digunakan berupa soal uraian berjumlah 7 soal yang mencakup 3 indikator keterampilan berpikir kritis yaitu interpretasi, analisis, dan eksplanasi dengan berlandaskan teori Facione. Sebelum instrumen digunakan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, peneliti melakukan uji validitas isi dan konstruk oleh dosen ahli serta uji validitas eksternal di kelas VI SDN 6 Panjer di luar sampel penelitian. Observasi dilakukan untuk mengukur penerapan model PBL berbantuan multimedia PhET Simulation pada kelas eksperimen dengan melakukan pengamatan pada lima sintaks PBL yaitu orientasi masalah kepada siswa, mengorganisasikan siswa, memandu penyelidikan siswa, mengembangkan dan menyajikan hasil kerja, serta analisis dan evaluasi dari proses pemecahan masalah. Peneliti melakukan uji prasyarat penelitian menggunakan uji normalitas dan uji homogenitas. Analisis data penelitian menggunakan uji independent sample t-test dan uji N-Gain dengan bantuan aplikasi SPSS versi 24. Uji independent sample t-test dilakukan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam rata-rata skor pada dua kelompok (Gerald, 2018). Pada uji N-Gain menurut Wahab, Junaedi, dan Azhar (2021) dilakukan untuk mengetahui kekuatan efektivitas dari kedua kelas penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan di dua sekolah dasar negeri yang berada di Gugus Banyumudal, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen. Pada penelitian ini, peneliti menetapkan SDN 2 Panjer sebagai kelas eksperimen dan SDN 1 Panjer sebagai kelas kontrol karena kedua SD tersebut memiliki karakteristik yang sama yaitu: 1) pada proses pembelajaran guru belum menerapkan model *PBL*, 2) tingkat keterampilan berpikir kritis siswa tergolong rendah, 3) standar kompetensi guru pada kedua sampel sama yaitu memiliki kualifikasi akademik Sarjana. Penelitian dilakukan dengan memberikan *pretest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Setelah melakukan *pretest*, peneliti memberikan *treatment* pada kelas eksperimen sedangkan pada kelas kontrol tidak diberi *treatment*. Selanjutnya peneliti memberikan *posttest* kepada siswa. Pada *pretest* dan *posttest* sebelumnya, telah dilakukan uji coba tes kepada siswa di luar sampel penelitian, kemudian dilakukan uji validitas dan uji reliabilitas. Setelah tes dikatakan valid dan reliabel, peneliti dapat menggunakannya sebagai instrumen penelitian.



Pembelajaran pada kelas kontrol menerapkan model kooperatif yang memfokuskan siswa melalui kegiatan berkelompok, sedangkan pada kelas eksperimen menerapkan model *PBL* berbantuan multimedia *PhET Simulation*. Langkah-langkah penerapan model *PBL* yaitu: 1) orientasi masalah tentang rangkaian listrik seri, paralel, dan campuran kepada siswa, 2) mengorganisasikan siswa untuk investigasi rangkaian listrik melalui penggunaan *PhET Simulation*, 3) memandu penyelidikan siswa dalam praktikum rangkaian listrik secara berkelompok, 4) mengembangkan dan menyajikan hasil kerja, 5) analisis dan evaluasi berbantuan multimedia *PhET Simulation* yang disajikan melalui lab virtual. Selama proses pembelajaran berlangsung, siswa akan terlibat aktif dan kritis dalam kegiatan pemecahan masalah melalui penggunaan multimedia *PhET Simulation*. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Putranta dan Kuswanto (2018) yang menyatakan bahwa penggunaan multimedia *PhET Simulation* dalam pembelajaran dapat meningkatkan kemandirian siswa dalam pemecahan masalah.

Observasi penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fisibilitas pembelajaran dengan model *PBL* berbantuan *PhET Simulation* yang dilakukan oleh guru. Hasil observasi penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 1. Hasil Observasi Penerapan *PBL* Berbantuan *PhET Simulation* terhadap Guru**

Langkah	Pertemuan (%)		
	1	2	3
Orientasi masalah kepada siswa	68,75	77,08	83,33
Mengorganisasikan siswa untuk investigasi	70,83	81,25	83,33
Memandu penyelidikan secara mandiri maupun berkelompok	64,58	72,91	81,25
Mengembangkan dan menyajikan hasil kerja	64,58	79,16	85,41
Analisis dan evaluasi	66,67	77,08	87,5
Rata-rata persentase	67,08	77,49	84,16

Hasil observasi pada tabel 1 dapat diketahui bahwa penerapan model *PBL* berbantuan *PhET Simulation* yang dilakukan oleh guru selama pembelajaran IPA mengalami peningkatan pada setiap pertemuan yaitu 67,08% pada pertemuan I kemudian meningkat pada pertemuan II menjadi 77,49% dan meningkat menjadi 84,16% pada pertemuan III.

Lebih lanjut, untuk analisis data pada penelitian ini menggunakan uji *independent sample t-test* dan uji *N-Gain*. Sebelum melakukan uji analisis data, peneliti melakukan uji prasyarat penelitian menggunakan uji normalitas dan uji homogenitas. Berikut merupakan hasil uji *independent sample t-test* pada penelitian ini.

**Tabel 2. Output Uji *Independent Sample T-Test***

		Levene's Test for Equality of Variances		<i>t-test for Equality of Means</i>		
		F	Sig.	Sig. (2-tailed)	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Keterampilan Berpikir Kritis	<i>Equal variances assumed</i>	3.3	.07	.046	.106	11.961
	<i>Equal variances not assumed</i>	23	5	.050	-.009	12.075

Sebelum dilakukan uji *independent sample t-test* peneliti melakukan uji normalitas dengan perolehan nilai *Sig.* data *pretest* yaitu 0,082 dan nilai *Sig.* data *posttest* yaitu 0,200. Lebih lanjut, pada kelas kontrol yang menerapkan model kooperatif diperoleh nilai *Sig.* data *pretest* yaitu 0,075 dan nilai *Sig.* data *posttest* yaitu 0,058. Berdasarkan hasil signifikansi yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa data *pretest* pada kelas eksperimen dan kontrol, serta data *posttest* pada kelas eksperimen dan kontrol berasal dari populasi berdistribusi normal karena memiliki  $Sig. \geq 0,05$ . Lebih lanjut pada uji homogenitas diperoleh nilai *Sig.* 0,075 lebih besar jika dibandingkan dengan nilai *Sig.* 0,05. Hal tersebut menunjukkan bahwa data penelitian ini

bersifat homogen yang artinya himpunan sampel yang diteliti memiliki karakteristik yang sama sehingga layak untuk dilakukan perbandingan. Setelah uji prasyarat terpenuhi, dapat disimpulkan bahwa data penelitian berasal dari populasi berdistribusi normal, dan bersifat homogen sehingga memenuhi uji prasyarat untuk dilakukan uji *independent sample t-test*.

Berdasarkan hasil uji *independent sample t-test* pada tabel 1, diperoleh nilai *Sig. (2-tailed)* yaitu 0,046 dan  $\alpha$  ( $\alpha = 0,05$ ). Hasil uji *independent sample t-test* menunjukkan *Sig. < 0,05* yang artinya  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Lebih lanjut apabila dilihat dari *mean difference* yaitu 6,033 yang menunjukkan selisih antara rata-rata hasil tes keterampilan berpikir kritis siswa pada kelas eksperimen dengan kelas kontrol sedangkan selisih perbedaan tersebut adalah 0,106 sampai 11,961 (*95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper*). Hasil uji *independent sample t-test* membuktikan bahwa terdapat pengaruh signifikan *PBL* berbantuan multimedia *PhET Simulation* terhadap keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA siswa kelas VI. Lebih lanjut, peneliti melakukan uji *N-Gain* untuk mengetahui keefektifan penerapan model *PBL* berbantuan multimedia *PhET Simulation* terhadap keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA siswa kelas VI. Berikut merupakan hasil uji *N-Gain* pada penelitian ini.

**Tabel 3. Output Uji N-Gain**

	Score	Kelas	Statistic	
<i>NGain_Score</i>	0,3923.	Eksperimen	<i>Mean</i>	.3923
			<i>Minimum</i>	.09
			<i>Maximum</i>	.78
		Kontrol	<i>Mean</i>	.2276
			<i>Minimum</i>	.09
			<i>Maximum</i>	.48

Hasil *output* uji *N-Gain* pada tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata *N-Gain* pada kelas eksperimen yaitu 0,3923. Menurut Oktavia, Prasasty, dan Isroyati (2019) termasuk dalam kriteria nilai *N-Gain* sedang. Lebih lanjut untuk rata-rata *N-Gain* pada kelas kontrol yaitu 0,2276 termasuk dalam kriteria nilai *N-Gain* rendah. Penerapan model *PBL* berbantuan multimedia *PhET Simulation* memiliki tingkat keefektifan lebih tinggi karena rata-rata nilai *N-Gain* pada kelas eksperimen lebih besar dibandingkan rata-rata nilai *N-Gain* pada kelas kontrol ( $0,3923 > 0,2276$ ) namun dengan tingkat keberhasilan sedang.

Berdasarkan hasil uji hipotesis yaitu uji *independent sample t-test* dan uji *N-Gain*, diketahui bahwa keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA siswa kelas VI mengalami peningkatan signifikan pada kelas eksperimen dibandingkan dengan kelas kontrol. Hal ini dibuktikan selama proses pembelajaran berlangsung siswa cermat dalam mengidentifikasi suatu permasalahan sehingga dapat mempertimbangkan keputusan yang akan diambil. Kemampuan siswa dalam mengidentifikasi suatu masalah ditumbuhkan melalui kegiatan mengasosiasikan fenomena yang disajikan oleh guru berbantuan multimedia *PhET Simulation* sehingga siswa dapat menggali informasi secara mandiri dan kritis.

Model *PBL* berbantuan multimedia *PhET Simulation* berpengaruh signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA ini sejalan dengan konsep *PBL* yang memberikan pemecahan masalah dari guru kepada siswa supaya mereka dapat mengeksplorasi konsep pengetahuannya sendiri dengan kritis (Putranta dan Kuswanto, 2018). Lebih lanjut, penerapan model *PBL* dipandang efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui penggunaan multimedia yang interaktif yaitu *PhET Simulation*. Putranta dan Kuswanto (2018) menjelaskan bahwa penggunaan multimedia *PhET Simulation* dalam pembelajaran dapat meningkatkan kemandirian siswa. Hal ini sejalan dengan sifat multimedia yang interaktif sehingga memudahkan siswa dalam mengeksplorasi pengetahuannya sendiri.

Berdasarkan uji analisis yang telah dilakukan, terdapat pengaruh signifikan model *PBL* berbantuan multimedia *PhET Simulation* untuk keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA siswa kelas VI SDN se-Gugus Banyumudal Kabupaten Kebumen tahun ajaran 2022/2023. Hasil analisis penelitian ini sejalan dengan teori Putranta dan Kuswanto (2018) dalam penelitiannya yang menunjukkan bahwa penerapan model *PBL* berbasis *PhET Simulation* efektif diterapkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Pada penelitian ini *PBL* berbantuan multimedia *PhET Simulation* efektif diterapkan pada siswa SD dan belum pernah diterapkan model dengan media serupa pada siswa kelas VI di SDN Se-Gugus Banyumudal Kabupaten Kebumen.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh signifikan model Problem Based Learning (PBL) berbantuan multimedia PhET Simulation untuk keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA siswa kelas VI SDN se-Gugus Banyumudal Kabupaten Kebumen tahun ajaran 2022/2023 yang dibuktikan pada uji independent sample t-test diperoleh nilai Sig. (2-tailed) yaitu  $0,046 < 0,05$ . Lebih lanjut, model PBL berbantuan multimedia PhET Simulation ini juga efektif diterapkan untuk keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA siswa kelas VI SD yang dibuktikan pada uji N-Gain diperoleh nilai rata-rata N-Gain yaitu 0,3923 dengan kriteria sedang.

Penerapan model PBL berbantuan multimedia PhET Simulation dalam pembelajaran IPA berpengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dan efektif diterapkan dalam pembelajaran. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat diketahui bahwa pembelajaran dengan menerapkan model dan media yang sesuai dengan materi dapat mencapai tujuan pembelajaran yang lebih baik. Oleh karena itu, penelitian ini dapat dijadikan alternatif bagi guru agar mampu menyesuaikan model dan media pembelajaran dengan materi yang akan disampaikan. Selain itu, penelitian ini juga dapat dijadikan referensi bagi peneliti selanjutnya dalam pelaksanaan penelitian yang serupa tentang model PBL berbantuan multimedia PhET Simulation terhadap keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA pada materi lainnya seperti medan magnet, pesawat sederhana, gaya dan gerak, dan lain sebagainya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gerald, B. (2018). A Brief Review of Independent, Dependent and One Sample T-test. *International Journal Of Applied Mathematics And Theoretical Physics*, 4(2), 50-54. <http://article.ijoamtp.com/pdf/10.11648.j.ijamtp.20180402.13.pdf>
- Hadi, S. & Novaliyosi, N. (2019). TIMSS Indonesia (Trends in International Mathematics and Science Study). In *Prosiding Seminar Nasional & Call For Papers. Tasikmalaya: Program Studi Magister Pendidikan Matematika Universitas Siliwangi*. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/sncp/article/view/1096/754>
- OECD. (2019). *Pendidikan Indonesia Belajar dari Hasil PISA 2018*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Oktavia, M., Prasasty, A. T., & Isroyati, I. (2019). Uji Normalitas Gain untuk Pemantapan dan Modul dengan One Group Pre and Post Test. *Simposium Nasional Ilmiah & Call for Paper Unindra (Simponi)*, 1(1). <https://www.proceeding.unindra.ac.id/index.php/simponi/article/view/439/424>
- Prima, E., Putri, A. R., & Rustaman, N. (2018). Learning Solar System Using PhET Simulation to Improve Students' Understanding and Motivation. *Journal of Science Learning*, 1(2), 60-70. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1226323.pdf>
- Putra, S. R. (2012). *Desain Belajar Mengajar Kreatif Berbasis Sains*. Yogyakarta: DIVA Press.
- 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), 77-87. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=765183>
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Wahab, A., Junaedi, J., & Azhar, M. (2021). Efektivitas Pembelajaran Statistika Pendidikan Menggunakan Uji Peningkatan N-Gain di PGMI. *Jurnal Basicedu*, 5(2), 1039-1045. <https://jbasic.org/index.php/basicedu/article/view/845/pdf>



- White, H., & Sabarwal, S. (2014). Quasi-Experimental Design and Methods. *Methodological Briefs: Impact Evaluation*, 8, 1-16. <https://ideas.repec.org/p/ucf/metbri/innpub753.html>
- Yulianti, E. & Gunawan, I. (2019). Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL): Efeknya terhadap Pemahaman Konsep dan Berpikir Kritis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 399-408. <http://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/IJSME/article/view/4366/2821>
- Zahara, S. R., Yusrizal, Y., & Rahwanto, A. (2015). Pengaruh Penggunaan Media Komputer Berbasis Simulasi Physics Education Technology (PhET) terhadap Hasil Belajar dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 3(1), 251-258. <https://jurnal.usk.ac.id/JPSI/article/view/7671/6292>