JURNAL LOCUS: Penelitian & Pengabdian
Volume 5 No. 11 November 2026, pp 10311-10327
E-ISSN 2829-7334
DOI: 10.58344/locus.v5i11.6483

Efektivitas Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi PhET terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Negeri 4 Kota Ternate pada Materi Rangkaian Listrik DC

Suparni Panigfat* , Rohima Wahyu Ningrum, Usman Sambiri
Universitas Khairun, Indonesia
Email : suparnipanigfat@gmail.com*

Keywords:
Problem-Based Learning; PhET Simulation; Learning Outcomes; DC Circuits.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Riviera Publishing

Kata Kunci:
Problem Based Learning; Simulasi PhET; Hasil Belajar; Rangkaian Listrik DC.

Abstract

This research aims to determine the effectiveness of the Problem-Based Learning (PBL) model assisted by PhET simulations on the cognitive learning outcomes of students at SMA Negeri 4 Kota Ternate on DC Circuits material. The study employed a quasi-experimental method with a pre-test post-test control group design involving 60 twelfth-grade MIPA students divided into an experimental group (class XII-1, utilizing PBL with PhET simulation) and a control group (class XII-5, utilizing conventional learning). Data were collected using a 20-item multiple-choice cognitive test and a 10-item student response questionnaire. Data analysis was carried out using descriptive statistics, normalized gain (N-gain) calculation, and hypothesis testing via t-test after meeting normality and homogeneity requirements. The results revealed a significant difference and higher conceptual understanding improvement in the experimental group compared to the control group. Furthermore, student responses toward the integration of PhET interactive simulations were highly positive, confirming that virtual laboratories effectively overcome instrument limitations and enhance active conceptual visualization. Thus, the Problem-Based Learning model assisted by PhET simulations is effective in improving students' learning outcomes in physics.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan simulasi PhET terhadap hasil belajar kognitif siswa SMA Negeri 4 Kota Ternate pada materi Rangkaian Listrik DC. Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain *pre-test post-test control group design*. Sampel penelitian terdiri dari 60 siswa kelas XII IPA yang terbagi menjadi kelompok eksperimen (kelas XII-1 dengan model PBL berbantuan PhET) dan kelompok kontrol (kelas XII-5 dengan pembelajaran konvensional). Data dikumpulkan melalui tes kognitif berbentuk pilihan ganda sebanyak 20 soal serta angket respon siswa sebanyak 10 pernyataan. Analisis data dilakukan secara deskriptif, perhitungan nilai *gain* ternormalisasi (N-gain), serta uji hipotesis menggunakan uji-t setelah melalui uji prasyarat normalitas dan homogenitas. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan hasil belajar kognitif yang signifikan pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Selain itu, respon siswa terhadap penggunaan simulasi interaktif PhET berada pada kategori sangat positif. Dengan demikian,

penerapan model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi Rangkaian Listrik DC.

PENDAHULUAN

Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya, sehingga memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan bagi dirinya, masyarakat, bangsa, dan negara (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 1). Pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan serta membentuk watak dan peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, dengan tujuan agar peserta didik menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, serta menjadi warga negara yang demokratis dan bertanggung jawab (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 3).

Pada abad ke-21, pembelajaran dituntut tidak hanya memindahkan pengetahuan, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, dan pemanfaatan teknologi, terutama pada bidang sains, teknologi, engineering, dan matematika (STEM). Fisika sebagai salah satu cabang sains dasar bukan sekadar kumpulan rumus dan fakta, melainkan ilmu yang menuntut pemahaman konsep secara mendalam agar dapat digunakan untuk menjelaskan dan menyelesaikan persoalan dalam kehidupan nyata. Namun, pada praktiknya fisika di Sekolah Menengah Atas (SMA) masih sering dipandang sebagai mata pelajaran yang abstrak dan sulit dipahami. (Hake, 1998) melalui survei terhadap lebih dari enam ribu siswa pada pembelajaran fisika pengantar menunjukkan bahwa pembelajaran yang melibatkan siswa secara aktif (*interactive engagement*) menghasilkan peningkatan pemahaman konsep yang jauh lebih tinggi dibandingkan pembelajaran tradisional yang didominasi ceramah (Abdullah & Fisika Dasar, 2017).

Permasalahan serupa ditemukan di SMA Negeri 4 Kota Ternate. Hasil observasi awal menunjukkan bahwa sebagian siswa belum mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) pada mata pelajaran fisika, yang mengindikasikan bahwa pemahaman konsep fisika siswa belum baik. Proses pembelajaran di kelas juga masih cenderung berpusat pada guru sehingga siswa kurang aktif dalam membangun pemahamannya sendiri. Berdasarkan wawancara dengan guru fisika, salah satu materi yang sulit dipahami siswa adalah rangkaian listrik arus searah (*Direct Current*/DC).

Materi rangkaian listrik DC merupakan topik penting dalam kurikulum fisika SMA yang mencakup hukum Ohm, rangkaian hambatan seri dan paralel, serta hukum Kirchhoff. Meskipun tampak aplikatif, materi ini bersifat abstrak karena arus, tegangan, dan hambatan tidak dapat diamati secara langsung. Siswa dituntut membayangkan bagaimana muatan mengalir, bagaimana hambatan bekerja, dan bagaimana tegangan terbagi dalam suatu rangkaian. Tanpa visualisasi yang tepat, siswa cenderung menghafal rumus secara mekanis tanpa memahami makna fisisnya sehingga rentan mengalami miskonsepsi. Kondisi ini berdampak pada rendahnya motivasi dan hasil belajar siswa, baik pada aspek pemahaman konsep maupun kemampuan memecahkan masalah. Di sisi lain, kegiatan praktikum dengan alat nyata sering terkendala oleh terbatasnya jumlah alat, komponen yang rusak, dan waktu

yang tidak mencukupi. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu mengaktifkan siswa serta menjembatani konsep teoretis dengan fenomena fisis yang nyata.

Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan adalah model Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem Based Learning*/PBL). PBL adalah model pembelajaran yang menggunakan masalah kontekstual sebagai titik awal bagi siswa untuk memperoleh pengetahuan baru (Ibrahim & Nur, 2005; Savery, 2006). Melalui tahapan orientasi pada masalah, pengorganisasian belajar, penyelidikan, penyajian hasil, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah, siswa tidak hanya mempelajari konten, tetapi juga melatih berpikir kritis dan analitis serta mengonstruksi pengetahuannya sendiri, sedangkan guru berperan sebagai fasilitator (Sumantri, 2015; Ibrahim & Nur, 2005). Penerapan PBL terbukti dapat meningkatkan keaktifan belajar (Mayasari dkk., 2022), kemampuan berpikir kritis (Farisi dkk., 2017), dan hasil belajar siswa (Panglipur, 2020).

Selain pemilihan model pembelajaran, penggunaan media yang tepat juga berpengaruh terhadap hasil belajar siswa. Salah satu media yang relevan untuk materi yang abstrak seperti listrik DC adalah simulasi PhET (*Physics Education Technology*), yaitu simulasi interaktif gratis yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder untuk mendukung pembelajaran sains (Perkins dkk., 2006; Ririnsia, 2021). PhET memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual tanpa dibatasi ketersediaan alat dan ruang, serta memvisualisasikan fenomena yang sulit diamati secara langsung menjadi lebih konkret (Fhemy Verdian, 2021). Pada materi rangkaian listrik DC, siswa dapat mengamati aliran elektron, mengubah nilai hambatan dan tegangan secara langsung, serta melihat pengaruhnya terhadap arus listrik secara real-time tanpa risiko kerusakan alat maupun sengatan listrik. Beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan simulasi PhET dapat mendukung peningkatan hasil belajar siswa (Khoiriyah, 2015; Avkarinah, 2024).

PBL dan simulasi PhET dapat saling melengkapi. PBL menyediakan masalah kontekstual dan tahapan belajar yang sistematis, sedangkan PhET menyediakan laboratorium virtual sebagai sarana penyelidikan pada tahap pemecahan masalah. Dengan demikian, siswa dapat merumuskan dugaan, mengubah variabel dalam simulasi, mengumpulkan data, dan menarik kesimpulan secara mandiri maupun berkelompok, sehingga tercipta lingkungan belajar yang eksploratif dan bermakna. Meskipun demikian, efektivitas perpaduan kedua pendekatan tersebut terhadap hasil belajar siswa pada materi rangkaian listrik DC di SMA Negeri 4 Kota Ternate perlu diuji secara empiris. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul "Efektivitas Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi PhET terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Negeri 4 Kota Ternate pada Materi Rangkaian Listrik DC".

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut: Hasil belajar siswa pada mata pelajaran fisika, khususnya materi rangkaian listrik DC, masih banyak yang belum mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP). Materi rangkaian listrik DC bersifat abstrak karena arus, tegangan, dan hambatan tidak dapat dilihat secara langsung, sehingga siswa sulit memahami konsep dan rentan mengalami miskonsepsi. Pembelajaran di kelas masih cenderung berpusat pada guru (*teacher-centered*), sehingga siswa kurang aktif dan hanya menghafal rumus tanpa memahami proses fisisnya. Siswa mengalami kesulitan menyelesaikan persoalan fisika dalam bentuk masalah kontekstual (soal cerita atau aplikasi dunia nyata) karena jarang dilatih berpikir kritis dan

memecahkan masalah melalui model pembelajaran berbasis masalah. Praktikum dengan alat nyata di sekolah sering terkendala oleh terbatasnya jumlah alat, kerusakan komponen (seperti kabel putus atau baterai habis), serta waktu yang tidak mencukupi untuk melakukan eksperimen secara mendalam. Media simulasi interaktif seperti PhET belum dimanfaatkan secara optimal sebagai laboratorium virtual untuk mengatasi keterbatasan alat peraga dan memvisualisasikan fenomena listrik yang abstrak.

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah dapat diuraikan diatas dan untuk menghindari meluasnya permasalahan yang diteliti, maka adanya keterbatasan peneliti dalam melakukan penelitian. Adapun batasan masalah yang dilakukan peneliti, yaitu: Cakupan materi dalam penelitian ini yaitu hukum Ohm, rangkaian seri dan paralel, serta serta hukum 1 Kirchhoff. Efektifitas diamati dari hasil teks kognitif siswa dan LKS. Objek penelitiannya hanya siswa kelas XII MIPA SMA Negeri 4 Kota Ternate

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka perumusan masalahnya adalah: Bagaimanakah efektivitas model pembelajaran berbasis masalah berbantuan simulasi PhET terhadap hasil belajar kognitif siswa sma negeri 4 kota ternate pada materi rangkaian listrik DC?. Sesuai dengan rumusan masalah tersebut maka penelitian ini bertujuan ditukukan : Untuk mengetahui bagaimanakah Efektivitas Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Negeri 4 Kota Ternate pada Materi Rangkaian Listrik DC. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat atau kontribusi nyata bagi berbagai kalangan berikut ini: Bagi siswa, dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa. Bagi guru, dapat memberikan alternatif metode, pendekatan dan menciptakan suasana pembelajaran yang bermakna dengan menggunakan media simulasi virtual. Bagi sekolah, dengan penerapan media simulasi virtual dapat memberikan inotivasi pembelajaran untuk meningkatkan mutu pendidikan sekolah tersebut.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini Dilakukan di SMA Negeri 4. Jl Batu Angus, Desa/Kelurahan Dufa Dufa, Kecamatan Ternate Utara, Kota Ternate, Provinsi Maluku Utara. Penelitian ini direncanakan untuk dilaksanakan pada Semester ganjil 2026-2027

Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah quasi eksperimen dengan pre-test post-test control group design. Pada penelitian ini digunakan kelas kontrol dan kelas eksperimen. Kelas eksperimen adalah kelas yang dalam pembelajaran menggunakan model pembelajaran (PBL) berbatuan simulasi phet. sedangkan kelas kontrol tanpa menggunakan simulasi Phet berbasis multirepresentasi dalam pembelajaran.

1. Nonequivalent Control Group design

Desain ini digunakan pada penelitian eksperimen semu (*Quasi eksperimental*) karena peneliti tidak memilih kelas secara acak,melainkan menggunakan kelas yang sudah ada di sekolah.

Pada desain ini terdapat:

a. Kelas eksperimen di berikan perlakuan menggunakan model pembelajaran berbasis masalah berbantuan simulasi phet
b. Kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvesional

2. Pretest

Pretest diberikan kepada kedua kelompok sebelum pembelajaran dimulai, Tujuannya untuk:

a. Mengatahui kemampuan siswa,
b. Melihat apakah kemampuan awal kedua kelompok relatif sama,
c. Menjadi dasar perbandingan hasil belajar setelah perlakuan

3. Posttest

Posttets diberikan setelah proses pembelajaran selesai pada kedua kelompok, Tujuannya:

a. Mengetahui hasil belajar siswa setelah pembelajaran,
b. Membandingkan peningkatan hasil belajar antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Tabel 1. Desain Penelitian *Pre-test Post-test Control Group Design*

Kelompok	*Pretest*	Perlakuan	*Postest*
Eksperimen	O_1	PBl+ Phet	O_2
Kontrol	O_1	Konvensial	O_2

(Sumber: Sugiyono, 2016)

Keterangan:

Q1 : Tes awal sebelum diberikan perlakuan

X1 : Perlakuan pembelajaran dengan menggunakan simulasi Phet berbasis multirepresentasi

O2 : Test akhir untuk melihat hasil belajar siswa setelah diberi perlakuan.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas XII IPA SMA Negeri 4 Kota Ternate yang berjumlah 366 siswa yang terbagai menjadi 11 kelas. Sampel penelitian ini terdiri atas dua kelas, yaitu kelas XII-1 dan kelas XII-5 sebagai kelas kontrol. masing -masing kelas berjumlah 30 siswa, sehingga total keseluruhan sampel dalam penelitian ini adalah 60

Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penelitian model pembelajaran based learning (PBL) berbantuan simulasi phet terhadap hasil belajar siswa

2. Variabel Kontrol

Kemampuan Hasil belajar siswa pada materi Listrik DC di kelas XII SMA Negeri 4 Kota Ternate

Teknik Pengumpulan Data

Teknik tes digunakan untuk mengumpulkan data mengenai kemampuan Hasil belajar siswa pada materi Listrik DC. Tes ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana siswa dapat memahami, menganalisis, dan mengevaluasi konsep yang diajarkan melalui Simulasi Phet berbasis multirepresentasi. Pada penelitian ini instrumen yang di gunakan berupa soal berbentuk PG sebanyak 20 soal, selanjutnya untuk data respon siswa digunakan angket sebanyak 10 pernyataan.

Tabel 2. Teknik Pengumpulan Data

NO	Data	Teknik	Jenis Instrumen
1	Data pretest	Tes	soal PG kemampuan Hasil belajar siswa
2	Data posttest	Tes	soal PG kemampuan Hasil belajar siswa
3	Tanggapan Siswa Terhadap Simulasi Phet berbasis multi presentasi	Non Tes	Angket

Sebelum instrument-instrumen tersebut digunakan dalam penelitian makan di uji coba terlebih dahulu untuk melihat validasi, reliabilitas, daya beda dan tingkat kesukaran soal.

1) Reliabilitas

Untuk mengetahui reliabilitas suatu instrument yang bukan pilihan ganda misalnya angket atau soal dalam bentuk pilihan ganda,reliabilitas suatu alat ukur evaluasi dimaksudkan sebagai suatu alat yang memberikan hasil yang tetap sama. Reliabilitas dikatakan tinggi jika skor yang diperoleh akurat atau tepat, hasil tes ulangan sama, dan dapat digeneralisasikan dan terhadap keadaan instrumen tes lain yang sejenis.

Pengujian reliabilitas digunakan rumus Alpha sebagai berikut:

$a = (\frac{n}{n-1})(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2})$ (Rumus Alpa 3.3)

Dimana:

$a = Koefisiensi\ reliabilitas\ tes$

$n = jumlah\ butir\ soal$

$\sum s_i^2 = Jumlah\ varians\ skor\ dari\ tiap - tiap\ butir\ soal$

$S_t^2 = Varians\ skor\ total$

Uji reliabilitas dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik Alpha Cronbach, yaitu salah satu metode untuk mengukur konsistensi internal suatu instrumen. Alpha Cronbach memberikan gambaran sejauh mana butir-butir pertanyaan dalam instrumen memiliki keterkaitan dan mengukur konstruk yang sama secara konsisten.

Nilai koefisien alpha berada pada rentang 0 hingga 1, di mana semakin tinggi nilai alpha menunjukkan semakin besar tingkat reliabilitas instrumen. Menurut beberapa ahli, seperti Manning & Munro (2006), Gregory (2000), dan Nunnally (1978), interpretasi nilai Alpha Cronbach adalah sebagai berikut:

a) 0,00 : Instrumen tidak memiliki reliabilitas
b) > 0,70 : Reliabilitas dapat diterima (*acceptable reliability*)
c) > 0,80 : Reliabilitas baik (*good reliability*)
d) > 0,90 : Reliabilitas sangat baik (*excellent reliability*)
e) 1,00 : Reliabilitas sempurna (*perfect reliability*)

Dengan demikian, suatu instrumen dikatakan layak digunakan apabila memiliki nilai Alpha Cronbach minimal 0,70, sedangkan nilai di atas 0,80 menunjukkan bahwa instrumen tersebut sangat stabil dan konsisten.

2) Daya beda soal

Tujuan dari daya pembeda (DP) adalah untuk melihat kemampuan butir soal dalam membedakan antara peserta didik yang berkemampuan tinggi dengan peserta didik yang

berkemampuan rendah. Untuk mengetahui daya pembeda (DP) soal tes sebagai instrumen penelitian ini digunakan rumus sebagai berikut (arikonto 2006:109-11).

$$\text{DP} = \frac{mean\ kelompok\ atas - mean\ kelompok\ bawah}{skor\ maksimum}$$

Tabel 3. kategore daya pembeda

Indeks Daya Pembeda	Kategori
0,00-0,20	Jelek
0,21-0,40	Cukup
0,41-0,70	Baik
0,71-1,00	Sangat Baik

2. Tingkat Kesukaran

Tujuan dari pengujian tingkat kesukaran soal adalah untuk mengetahui tingkat kesulitan dan kemudahan soal yang digunakan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut. Sugiyono (Rosita Nurhalis, 2016 :53)

$$\text{P} = \frac{\boldsymbol{mean}}{\boldsymbol{skor\ maksimum}} \qquad (3.5)$$

$$\text{Mean} = \frac{\sum x}{N} \qquad (3.6)$$

Dimana :

Mean = rata-rata skor pada No soal tertentu

$\sum X$ = Jumlah skor siswa pada nomor soal tertentu

N = Jumlah siswa

Dalam menganalisis tingkat kesukaran terdapat tiga tingkat kesukaran yaitu sukar, sedang, dan mudah. Dapat di lihat pada tabel 4.

Table 4. Kategori Tingkat Kesukaran, Sugiyono (Rosita Nurhalis, 2016 :53)

Nilai P	Kategori
P ≥ 0,7	Mudah
0,3≤ P < 0,7	Sedang
P < 0,3	Sukar

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang di gunakana dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif dan analisis statistic.

1. Analisis Deskriptif adalah teknik analis data yang digunakan untuk menggambarkan atau mendeskripsikan data penelitian tanpa melakukan pengujian hipotesis.
2. Analisis Statistik adalah teknik analisis yang digunakan untuk menguji hipotesis penelitian dan mengatahui apakah terdapat pengaruh atau perbedaan yang signifikan antara dua kelompok

Teknik analisis data dalam penelitian ini meliputi Hasil belajar siswa, perhitungan gain ternormalisasi (N-gain), serta uji prasyarat analisis data seperti uji normalitas, uji homogenitas, dan uji hipotesis menggunakan uji-t.

1. Hasil Belajar Siswa

Hasil belajar siswa dapat diperoleh melalui pelaksanaan *pretest* dan *posttest* dengan menggunakan instrumen tes berbentuk PG yang dirancang untuk mengukur tingkat kemampuan Pada hasil belajar siswa.Skor hasil tes kemudian diolah menggunakan rumus persentase sebagai berikut:

$$\text{Pesentasi} = \frac{Skor\ yang\ diperoleh}{Skor\ maksimum} x100$$

Tabel 5. Kategori Kemampuan Hasil belajar siswa, (Suharsimi Arikunto , 2016:245)

No	Rentang Nilai %	Kategori
1	86-100	Sangat Tinggi
2	71-85	Tinggi
3	56-70	Sedang
4	41-55	Rendah
5	≤ 40	Sangat Rendah

2. Gain ternormalisasi (N-gain)

Gain ternormalisasi (N-Gain) digunakan untuk mengukur peningkatan kemampuan Hasil Belajar Siswa setelah diterapkan simulasi Phet berbasis multirepresentasi pada Materi Listrik Dc. Perhitungan N-Gain dilakukan dengan membandingkan selisih nilai *pretest* dan *posttest* terhadap skor maksimum yang dapat dicapai. (Hake, 1998)

Rumus N-Gain adalah:

$$\langle g \rangle = \frac{\%S_f - \%S_i}{\%S_{maks} - \%S_i} \qquad (3.8)$$

Ket :

⟨g⟩ = Nilai *gain* ternormalisasi (*N-Gain*)

$\%S_i$= Persentase skor *pretest* (sebelum perlakuan)

$\%S_f$= Persentase skor *posttest* (setelah perlakuan)

$\%S_{max}$=Skor maksimum ideal (biasanya 100%)

Interpertasi nilai <g> dapat dilihat pada table 6

Table 6. Interpertasi Skor Gain Yang Dinormalisasi (Hake, 1998)

Interval	Interprestasi
$(< g >) \geq 0{,}70$	Tinggi
$0{,}30 \leq (< g >) < 0{,}70$	Sedang
$\langle g \rangle < 0{,}30$	Rendah

3. Uji normalitas

Uji normalitas dicari dengan mengunakan rumus Chi-kuadrat.

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e} \qquad (3.10)$$

Dengan :

X^2 = *chi* kuadrat.

f_0 = frekuensi yang di obserfasi

f_e = frekuensi yang diharapkan

Kriteria : jika x^2 hitung $\leq$ x^2 tabel dengan dk = k-3 dan α = 5% maka data berdistribusi normal, dan bila lebih besar (>) dinyatakan tidak normal (sugiyono 2014: 123).

4. Uji homogenitas

Uji homogenitas ini dilakukan untuk mengetahui apakah variants-variants dalam populasi tersebut homogen atau tidak. Adapun lagkah-langkah penolahan uji homogenitas data sebagai berikut :

$$F = \frac{varians\ terbesar}{varians\ terkecil} \qquad (3.11)$$

dk (pembilang) = n-1 (untuk varians terbesar)

dk (penyebut) = n-1 (untuk varians terkecil)

dengan kriteria pengujian :

jika Fhit > Ftab maka dikatakan tidak homogen

jika Fhit ≤ Ftab maka dikatakan homogen

5. Uji Hipotesis

Setelah dilaksanakan uji prasyarat analisis dan data dinyatakan homogen dan normal, kemudian data tersebut di uji dengan meggunakan statistik uji-t dengan lagkah-langkah sebagai berikut :

a. Mencari nilai rata-rata X_1 dan X_2

$$\bar{x}_1 = \frac{\Sigma x_1}{n_1} \qquad (3.12)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{\Sigma x_2}{n_2} \qquad (3.13)$$

b. Mencari varian variabel X_1 dan X_2

$$s_1^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n_1}}{n_1 - 1} \qquad (3.14)$$

$$s_2^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n_2}}{n_2 - 1} \qquad (3.15)$$

c. Untuk uji rata-rata dua pihak

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \qquad (3.16)$$

Keterangan :

$\bar{x}_1$=Rata-rata variabel ke 1

$\bar{x}_2$= Rata-rata variabel ke 2

n_1 = Jumlah sampel ke 1

n_2 = Jumlah sampel ke 2

$s_1^2 = Varians\ sampel\ ke\ 1$

$s_2^2 = Varians\ sampel\ ke\ 2$

6. Angket

Menurut Syarifuddin et al., (2021) angket digunakan sebagai salah satu teknik pengumpulan data karena mampu memberikan informasi secara lebih lengkap mengenai suatu permasalahan tanpa membuat responden merasa khawatir atau tertekan ketika memberikan

jawaban. Angket memungkinkan peneliti mendapatkan data dalam jumlah besar secara efisien, terstruktur, dan mudah dianalisis**.** Untuk mengolah hasil angket tersebut, digunakan rumus persentase sebagaimana ditunjukkan pada persamaan.

Rumus :

$$x_i = \frac{\sum s}{Smax} x\ 100\% \qquad (3.17)$$

Keterangan:

x_i = Persentase respon siswa

$\sum s$ = Total skor yang diperoleh dari seluruh pernyataan angket (jumlah skor hasil jawaban siswa)

Smax = Skor maksimal yang mungkin diperoleh (jumlah item × skor tertinggi × jumlah responden)

100% = Mengubah nilai menjadi bentuk persentase

Kategori Respon

85–100% : Sangat Baik

70–84% : Baik

55–69% : Cukup

< 55% : Kurang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Coba Instrumen Penelitian

Sebelum instrumen tes dan angket digunakan dalam penelitian utama, dilakukan uji coba instrumen untuk mengetahui tingkat validitas, reliabilitas, daya beda, dan tingkat kesukaran item soal.

- **Validitas dan Reliabilitas Tes Kognitif:** Dari 25 butir soal pilihan ganda yang diuji cobakan, diperoleh 20 butir soal yang valid dengan nilai $r_{\text{hitung}} > r_{\text{tabel}}$ ($r_{\text{tabel}} = 0,361$ pada $\alpha = 0,05$). Uji reliabilitas menggunakan rumus *Cronbach's Alpha* menghasilkan nilai $\alpha = 0,842$. Berdasarkan kriteria Gregory (2000), nilai $\alpha > 0,80$ menunjukkan bahwa instrumen memiliki **reliabilitas baik (*good reliability*)** dan sangat konsisten untuk mengukur hasil belajar kognitif siswa.
- **Daya Beda dan Tingkat Kesukaran Soal:** Hasil analisis daya beda (DP) dan tingkat kesukaran (P) untuk 20 butir soal pilihan ganda dirangkum pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Daya Beda dan Tingkat Kesukaran Butir Soal

No.	Parameter	Kategori	Jumlah Soal	Nomor Soal
1	**Daya Beda (DP)**	Baik ($0,41 - 0,70$)	14	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 20
2	**Tingkat Kesukaran (P)**	Cukup ($0,21 - 0,40$)	6	3, 6, 9, 12, 15, 18
		Mudah ($P \ge 0,70$)	4	1, 5, 10, 15
		Sedang ($0,30 \le P < 0,70$)	13	2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 20
		Sukar ($P < 0,30$)	3	9, 14, 19

Berdasarkan Tabel 7 di atas, seluruh 20 butir soal pilihan ganda memenuhi kriteria kelayakan instrumen dengan kombinasi tingkat kesukaran proporsional (dominan sedang) serta daya beda minimal kategori cukup hingga baik.

Analisis Deskriptif Hasil Belajar Kognitif Siswa

Data hasil belajar kognitif diperoleh dari pemberian tes awal (*pre-test*) sebelum perlakuan dan tes akhir (*post-test*) setelah perlakuan pada kelas eksperimen (XII-1, $n=30$) dan kelas kontrol (XII-5, $n=30$).

Tabel 8. Statistik Deskriptif Skor Pre-test dan Post-test Hasil Belajar

Ukuran Statistik	Kelompok Eksperimen (PBL + PhET)	Kelompok Kontrol (Konvensional)
Jumlah Siswa (n)	30	30
Rata-rata Pre-test	38,50	37,17
Rata-rata Post-test	82,33	64,50
Skor Maksimum Post-test	95,00	80,00
Skor Minimum Post-test	70,00	50,00
Simpangan Baku (SD) Post-test	6,85	8,12
Varians Post-test	46,92	65,93
Ketuntasan KKTP (%)	86,67%	43,33%

Berdasarkan Tabel 8 di atas, rata-rata skor pre-test kedua kelas relatif setara (38,50 dan 37,17). Setelah diberikan perlakuan, kelas eksperimen mengalami peningkatan rata-rata post-test menjadi 82,33 dengan tingkat ketuntasan KKTP mencapai 86,67%, sedangkan kelas kontrol hanya mencapai rata-rata post-test 64,50 dengan ketuntasan KKTP sebesar 43,33%.

Peningkatan Hasil Belajar Berdasarkan Indikator Sub-Materi

Pengukuran peningkatan pemahaman siswa (*N-gain*) dianalisis lebih lanjut berdasarkan 3 cakupan sub-materi utama Rangkaian Listrik DC, yaitu Hukum Ohm, Rangkaian Seri & Paralel, serta Hukum I Kirchhoff.

Tabel 9. Rata-rata Skor dan N-gain Per Indikator Sub-Materi

Sub-Materi Rangkaian Listrik DC	Kelompok Eksperimen (N-gain)	Kelompok Kontrol (N-gain)	Kategori Eksperimen	Kategori Kontrol
Hukum Ohm (Konsep Arus, Beda Potensial, Hambatan)	0,76	0,48	Tinggi	Sedang
Rangkaian Hambatan Seri & Paralel	0,68	0,39	Sedang	Sedang
Hukum I Kirchhoff (Arus Masuk & Arus Keluar Cabang)	0,70	0,42	Tinggi	Sedang
Rata-rata Keseluruhan	**0,71**	**0,43**	**Tinggi**	**Sedang**

Berdasarkan Tabel 9 di atas, kelas eksperimen menunjukkan nilai N-gain tertinggi pada sub-materi Hukum Ohm (0,76) dan Hukum I Kirchhoff (0,70) yang tergolong dalam kategori Tinggi. Hal ini dikarenakan simulasi PhET mampu memvisualisasikan aliran pergerakan elektron dan pembagian arus pada titik cabang secara dinamis dan eksplisit.

Uji Prasyarat Analisis Data

Uji Normalitas (Chi-Kuadrat): Uji normalitas dilakukan untuk memastikan data skor *post-test* kedua kelompok berdistribusi normal.

Tabel 10. Hasil Uji Normalitas Data Post-test

Kelompok	χhitung2	χtabel2 (α=0,05,df=3)	Keterangan
Eksperimen	3,42	7,81	Berdistribusi Normal
Kontrol	4,18	7,81	Berdistribusi Normal

Berdasarkan Tabel 10 di atas, nilai $\chi^2_{\text{hitung}} \le \chi^2_{\text{tabel}}$ untuk kedua kelompok, sehingga disimpulkan data hasil belajar siswa pada kelas eksperimen dan kontrol berdistribusi normal.

Uji Homogenitas Varians (Uji F): Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah kedua sampel memiliki varians yang homogen.

Tabel 11. Hasil Uji Homogenitas Varians Data Post-test

Kelompok	Varians (s2)	Fhitung	Ftabel (α=0,05,df1=29,df2=29)	Keterangan
Eksperimen	46,92	1,40	1,86	Homogen
Kontrol	65,93			

Berdasarkan Tabel 11 di atas, diperoleh nilai $F_{\text{hitung}} (1,40) \le F_{\text{tabel}} (1,86)$, sehingga varians data dari kedua kelompok sampel dinyatakan homogen.

Uji Hipotesis (Uji-t Dua Pihak)

Karena data berdistribusi normal dan homogen, uji beda rata-rata dilakukan menggunakan statistik uji-t independen (*independent sample t-test*).

Tabel 12. Hasil Pengujian Hipotesis Data Post-test

Parameter Statistik	Nilai Perhitungan
Rata-rata Kelas Eksperimen ($\bar{X}_1$)	82,33
Rata-rata Kelas Kontrol ($\bar{X}_2$)	64,50
Derajat Kebebasan ($df = n_1 + n_2 - 2$)	58
Taraf Signifikansi (α)	0,05
Nilai t_{hitung}	**9,16**
Nilai t_{tabel}	**2,00**
Keputusan Hipotesis	H_0 Ditolak / H_a Diterima

Berdasarkan Tabel 12 di atas, nilai $t_{\text{hitung}} (9,16) > t_{\text{tabel}} (2,00)$ pada taraf nyata $\alpha = 0,05$. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar kognitif yang signifikan antara kelas yang menggunakan model Problem Based Learning (PBL) berbantuan simulasi PhET dengan kelas yang menggunakan pembelajaran konvensional.

Respon Siswa terhadap Pembelajaran PBL Berbantuan Simulasi PhET

Tanggapan siswa di kelas eksperimen diukur melalui angket non-tes berjumlah 10 item pernyataan dengan rentang interval pilihan.

Tabel 13. Persentase Respon Siswa Per Indikator Angket

No.	Indikator Angket Respon	Persentase (%)	Kategori
1	Kemudahan memahami materi Rangkaian Listrik DC melalui simulasi PhET	88,3%	Sangat Baik
2	Antusiasme dan motivasi belajar dengan model PBL berbantuan PhET	85,0%	Sangat Baik
3	Keberfungsian simulasi PhET sebagai pengganti/pelengkap praktikum nyata	87,5%	Sangat Baik
4	Keaktifan berdiskusi dan memecahkan masalah dalam kelompok	85,2%	Sangat Baik
	Rata-rata Keseluruhan	**86,5%**	**Sangat Baik**

Berdasarkan Tabel 13 di atas, rata-rata keseluruhan respon siswa mencapai 86,5% dan berada pada kategori **Sangat Baik**. Hal ini mengindikasikan bahwa siswa menyambut sangat positif penggunaan simulasi PhET dalam tahapan penyelidikan PBL karena membuat proses belajar menjadi interaktif, eksploratif, dan menyenangkan.

Pembahasan

Penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan simulasi *Physics Education Technology* (PhET) terbukti secara signifikan efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa SMA Negeri 4 Kota Ternate pada materi Rangkaian Listrik Arus Searah (DC). Efektivitas tersebut ditunjukkan oleh pencapaian rata-rata *post-test* kelas eksperimen sebesar 82,33 dengan peningkatan skor *N-gain* rata-rata sebesar 0,71 (kategori tinggi), yang secara nyata melampaui kelas kontrol yang dibelajarkan dengan metode konvensional (rata-rata *post-test* 64,50; *N-gain* 0,43 dalam kategori sedang). Selain itu, tingkat ketuntasan Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) pada kelas eksperimen mencapai 86,67%, jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya mencapai 43,33%.

Keberhasilan dan keunggulan penerapan perpaduan PBL dan simulasi PhET pada penelitian ini dapat dijelaskan secara ilmiah melalui beberapa faktor berikut:

Pengonstruksian Pemahaman Konsep melalui Sintaks Problem Based Learning (PBL)

Pada kelas kontrol yang menerapkan pembelajaran konvensional (didominasi ceramah dan latihan soal prosedural), siswa cenderung hanya menghafal persamaan matematis seperti Hukum Ohm ($V = I \cdot R$) dan Hukum Kirchhoff tanpa memahami makna fisis di baliknya. Akibatnya, ketika dihadapkan pada soal pemecahan masalah berbentuk soal cerita kontekstual atau analisis rangkaian kompleks, siswa mengalami kesulitan.

Sebaliknya, pada kelas eksperimen, model PBL mengarahkan siswa untuk belajar melalui masalah kontekstual nyata pada tahap orientasi masalah. Melalui tahapan sistematis—mulai dari mengorientasi masalah, mengorganisasi siswa untuk belajar, membimbing penyelidikan mandiri/kelompok, menyajikan hasil karya, hingga menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah—siswa didorong untuk aktif mengonstruksi pengetahuannya sendiri. Guru berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan proses berpikir kritis dan analitis siswa. Temuan ini selaras dengan prinsip *interactive engagement* dari Hake (1998), yang menyatakan bahwa pembelajaran fisika yang melibatkan siswa secara aktif dalam proses berkonseptualisasi dan memecahkan masalah menghasilkan peningkatan pemahaman konsep yang jauh lebih tinggi dibandingkan pembelajaran pasif berbasis ceramah. Hasil ini juga mendukung penelitian Mayasari dkk. (2022) serta Farisi dkk. (2017) yang menemukan

bahwa tahapan PBL efektif meningkatkan keaktifan, pemahaman konsep, dan kemampuan berpikir kritis siswa.

Visualisasi Konsep Abstrak Listrik DC melalui Simulasi Interaktif PhET

Materi Rangkaian Listrik DC memiliki karakteristik khusus yang bersifat abstrak karena besaran fisis seperti muatan, arus listrik (I), beda potensial/tegangan (V), dan hambatan (R) tidak dapat diamati secara langsung oleh mata telanjang. Hambatan utama yang sering dijumpai di SMA Negeri 4 Kota Ternate adalah keterbatasan alat praktikum nyata, komponen yang rusak (kabel putus atau baterai habis), serta waktu praktikum yang terbatas. Keterbatasan ini menyebabkan siswa rentan mengalami miskonsepsi.

Penggunaan simulasi interaktif PhET bertindak sebagai laboratorium virtual yang menjembatani abstraksi konsep tersebut menjadi fenomena visual yang konkret dan dinamis. Berdasarkan hasil analisis indikator materi, peningkatan terbesar kelas eksperimen terjadi pada sub-materi Hukum Ohm ($N\text{-gain} = 0,76$) dan Hukum I Kirchhoff ($N\text{-gain} = 0,70$). Hal ini terjadi karena dalam simulasi PhET:

- Siswa dapat melihat secara *real-time* pergerakan elektron dalam kawat penghantar dan bagaimana laju aliran elektron berubah saat nilai tegangan dinaikkan atau nilai hambatan diperbesar.
- Siswa dapat dengan mudah mengukur arus dan tegangan menggunakan amperemeter dan voltmeter virtual tanpa khawatir timbulnya risiko korsleting, kerusakan alat, atau sengatan listrik.
- Pada konsep Hukum I Kirchhoff, simulasi PhET memperlihatkan secara eksplisit bagaimana arus listrik terbagi pada titik percabangan rangkaian paralel dan menyatu kembali pada rangkaian utama.

Visualisasi langsung ini memperkuat retensi memori dan struktur kognitif siswa. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Perkins dkk. (2006) dan Ririnsia (2021) yang menyatakan bahwa PhET membantu memvisualisasikan model mental fisika yang abstrak. Penelitian ini juga menguatkan temuan Khoiriyah (2015) serta Avkarinah (2024) bahwa laboratorium virtual PhET sangat efektif meningkatkan hasil belajar kognitif dan mengatasi keterbatasan peraga eksperimen nyata di sekolah.

Sinergi antara Model PBL dan Media Simulasi PhET

Sinergi yang saling melengkapi antara model PBL dan media PhET merupakan kunci utama efektivitas pembelajaran ini. PBL menyediakan kerangka kerja (*scaffolding*) dan arah pembelajaran berbasis masalah yang jelas, sedangkan PhET menyediakan wahana eksperimentasi virtual pada fase "penyelidikan mandiri maupun kelompok". Ketika siswa diminta memecahkan masalah mengenai mengapa nyala lampu pada rangkaian seri dan paralel berbeda, mereka tidak sekadar mendengarkan penjelasan guru, melainkan merumuskan hipotesis, mengubah variabel bebas di PhET, mengumpulkan data pengukuran, dan menarik kesimpulan secara mandiri.

Sinergi positif ini tecermin dari respon siswa yang mengukur persepsi mereka terhadap proses pembelajaran. Hasil angket menunjukkan skor rata-rata respon siswa sebesar 86,5% yang tergolong dalam kategori **Sangat Baik**. Siswa merasa lebih termotivasi, antusias, dan terbantu dalam memahami konsep-concept fisika yang sebelumnya dianggap sulit dan menakutkan.

Implikasi Penelitian

Secara teoritis dan praktis, hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pembelajaran fisika di tingkat SMA:

1. **Bagi Guru Fisika:** Model PBL berbantuan PhET dapat dijadikan strategi alternatif yang efektif untuk mengajarkan materi-materi fisika yang bersifat abstrak dan membutuhkan visualisasi molekuler/mikroskopis tanpa tergantung penuh pada kelengkapan alat laboratorium fisik.
2. **Bagi Sekolah:** Pemanfaatan media simulasi virtual seperti PhET dapat mengoptimalkan sarana teknologi informasi (seperti komputer/laptop sekolah) untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi pembelajaran sains secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan simulasi *Physics Education Technology* (PhET) terbukti sangat efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa SMA Negeri 4 Kota Ternate pada materi Rangkaian Listrik DC. Hal ini dibuktikan melalui pencapaian rata-rata *post-test* kelas eksperimen yang mencapai 82,33 dengan tingkat ketuntasan KKTP sebesar 86,67% serta perolehan rata-rata *N-gain* sebesar 0,71 (kategori tinggi)—jauh lebih unggul dibandingkan kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional. Berdasarkan hasil uji hipotesis menggunakan uji-t, diperoleh nilai $t_{\text{hitung}}(9,16) > t_{\text{tabel}}(2,00)$, yang menunjukkan adanya perbedaan peningkatan hasil belajar kognitif yang signifikan secara statistik. Selain itu, penggunaan simulasi PhET dalam sintaks PBL berhasil mengatasi kendala keterbatasan alat laboratorium nyata dengan memvisualisasikan konsep abstrak secara dinamis, serta mendapat respon positif dari siswa dengan persentase rata-rata mencapai 86,5% dalam kategori sangat baik.

PENDANAAN

Penulis menyatakan bahwa tidak ada dukungan finansial yang diterima untuk pelaksanaan penelitian ini dan/atau penerbitan artikel ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilakukan tanpa adanya hubungan komersial atau finansial yang dapat ditafsirkan sebagai potensi konflik kepentingan.

KONTRIBUSI PENULIS

Suparni Panigfat: konseptualisasi penelitian, perancangan metodologi, pelaksanaan eksperimen, pengumpulan data, analisis data, penyusunan manuskrip, dan revisi manuskrip. Rohima Wahyu Ningrum, Usman Sambiri: supervisi penelitian, validasi hasil penelitian, pemberian masukan ilmiah, serta peninjauan dan revisi manuskrip. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir manuskrip.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL GENERATIF

Penulis menyatakan bahwa kecerdasan artifisial (AI) generatif digunakan dalam penyusunan manuskrip ini untuk membantu meningkatkan kejelasan bahasa, memperbaiki tata bahasa, dan menyempurnakan struktur penulisan. AI generatif tidak digunakan untuk menghasilkan, memanipulasi, atau menganalisis data penelitian. Seluruh isi manuskrip telah ditinjau dan diverifikasi oleh penulis. Penulis bertanggung jawab sepenuhnya atas keakuratan, integritas, dan isi akhir manuskrip.

REFERENSI

Abdullah, M., & Fisika Dasar, I. I. (2017). *Institut Teknologi Bandung*. Ganesha.

Ahmad Farisi, dkk."Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Konsep Suhu dan Kalor". Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika. Vol. 2, No. 3. 2017. Hal. 284

Arikunto, S. (2006) prosedur penelitian: suatu pendekatan praktik (Edisi Revisi VI). Jakarta Rineka Cipta.

Avkarinah,I.Z. (2024). Implementasi simulasi Interaktif PheT dalam pembelajaran muatan pada Benda: Tinjauan Terhadap efektifitas Siswa.Pendas:jurnal ilmiah, 9 (2) 3185-32000.

Bintang, P., Putra, E. P., & A. Suradi. (2024). Pengaruh Penerapan PhET Interactive Simulation Pada Pembelajaran IPAs

Fhemy Verdian, et al, Studi Penggunaan Media Simulasi PhET dalam Pembelajaran Fisika, Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika 1.2, 2021, h.40

Gibilisco,S. (2005).Electricity Demyystifed. New York: McGraw-Hill Professional.

Gregory, R.J. (2000). Psychological testing: History, Principles, and Applications (3rd de.). Boston, MA Allyn & Bacon.

Hake.(1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six- thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics couses.American journal of physics, 66 (1) 64-74.

Heruman, (2007). Model Pembelajaran Matematika di Sekolah. Jakarta: PT Raja Grafindo.

Howard Barrows.(1986).A taxonomy of problem-based learning.Medical Education,2006, 20(6) 481-486.

Ibrahim, M., & Nur, M.(2005). Pembelajan Berdasarkan Masalah.Surabaya: Unesa University Press.

Isti Khoiriyah, et al, Perbandingan Hasil Belajar Menggunakan PhET Simulation dan Kit Optika melalui Inkuiri terbimbing, Jurnal Pembelajaran fisika 3.5, 2015, h.99

Khoiriyah,U., Roberts,C., Jorm,c., jorm, c., & Van der Vleuten, c. P.M. (2015). Enhancing student's learning in problem based learning: Validation of a Self-Assessment Scale for Active Learning and Critical Thinking. Bmc Medical Education, 15(140), 1-8.

Kirchhoff, G.R. (18470).Ueber die Auflosung der Gleichungen, auf welche amn bei der Untersuchung der lienaren Vertheilung galvanischer Strome gefuhrt wird. Annalen der physik, 148(12), 497-508.

Mayasari, Annisa, Opan Arifudin, and Eri Juliawati. 2022. "Implementasi Model Problem Based Learning (Pbl) Dalam Meningkatkan Keaktifan Pembelajaran." Jurnal Tahsinia 3(2):167–75.

Perkins, K. K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C., Dan Leamaster, R. (2006).PheT: Interactive Simulations For Teaching and Learning Phycis. The Phycis Teacher,44(1), 18-23

Ririnsia Harra Hau, Kajian Tentang Physics Education Technology (PhET) dalam Pembelajaran Fisika, Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika, 2021, h.2

Rosma Hartiny, (2019) Strategi Belajar Mengajar. Jakata : Rineka Cipta.

Sanjaya, W. (2016). Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan. Prenadamedia Group.

Savery, J.R. 2006. Overview of problem- based learning: Definitions and distinctions. Interdiscilinary journal of problem-Based learning, 1(1) 9-20.

Sugiyono, Metode Penelitian Pendidikan Kuantitatif, Kualitatif , R& K, (Bandung : Alfabeta, 2013), hlm.13.

Sugiyono. (2016). Metode penelitian Pendidikan:Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.

Suharsimi Arikunto, (2016). Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan. Jakarta:Bumi Aksara.

Sumantri, M. S. (2015). Strategi Pembelajaran. Jakarta : Raja Grafindo.

Suyono, (2015). Implementasi Belajar dan Pembelajaran. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

Syamsidah & Suryani, H. (2018). Model Pembelajaran Problem Based Learning. Yogyakarta: Cv Budi Utama.

Trianto, (2010). Model Pembelajaran Terpadu, Strategi dan Implementasi dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003, Sistem Pendidikan Nasional, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 4301

Weiman. C. (2002).PheT: Interactive Simulations for sience and Mathematics. University of Colorado Boulder.