

**EFEKTIVITAS MODEL PJBL-STEM UNTUK
MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN
MEMFASILITASI KREATIVITAS SISWA PADA KONSEP
ENERGI TERBARUKAN**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1



Dinta Rahma Diya

22104050004

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA**

2026

PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2311/Un.02/DT/PP.00.9/07/2026

Tugas Akhir dengan judul : EFEKTIVITAS MODEL PJBL-STEM UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN MEMFASILITASI KREATIVITAS SISWA PADA KONSEP ENERGI TERBARUKAN

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DINTA RAHMA DIYA
Nomor Induk Mahasiswa : 22104050004
Telah diujikan pada : Selasa, 21 Juli 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



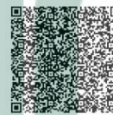
Ketua Sidang
Joko Purwanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6a60396d33765



Penguji I
Dr. Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a6051228d97a



Penguji II
Puspo Rohmi, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a60b6095c805



Yogyakarta, 21 Juli 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a6859b364e26

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dinta Rahma Diya

NIM : 22104050004

Program Studi : Pendidikan Fisika

Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana yang berjudul “Efektivitas Model PjBL-STEM untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Memfasilitasi Kreativitas Siswa pada Konsep Energi Terbarukan” merupakan karya hasil tulisan saya sendiri. Adapun bagian-bagian yang saya kutip dari hasil karya tulisan orang lain sebagai bahan acuan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika dalam penulisan ilmiah, serta disebutkan dalam daftar Pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya tanggung jawab penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi dan digunakan sebagai mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 7 Juli 2026

Yang Menyatakan



Dinta Rahma Diya

NIM. 22104050004

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : Satu Bendel Skripsi

Kepada:

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Tempat

Assalamu 'alaikum Wr.Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Dinta Rahma Diya

NIM : 22104050004

Judul Skripsi : Efektivitas Model PjBL-STEM untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Memfasilitasi Kreativitas Siswa pada Konsep Energi Terbarukan

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Sains.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 7 Juli 2026

Pembimbing,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA


Joko Purwanto, S.Si., MSc.

NIP.19820306 200912 1 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Almamater tercinta Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan
Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.



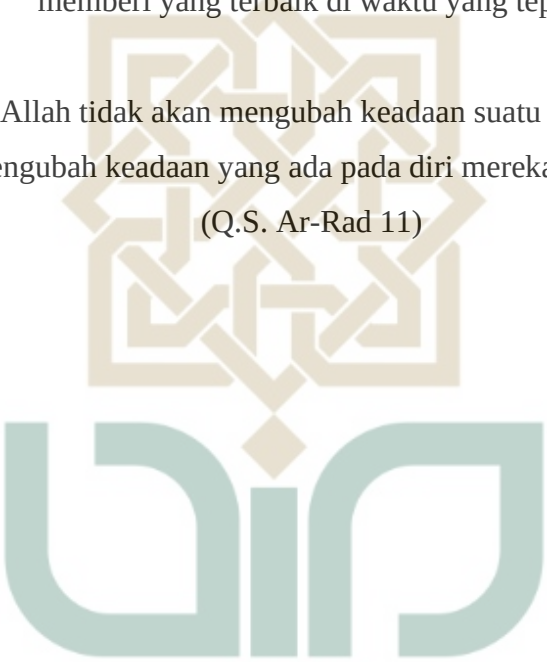
MOTTO

Doa orang tua adalah kekuatan di balik setiap langkah perjuangan, yang menjadi penguat di saat lelah, penuntun di saat ragu, dan semangat untuk terus berusaha hingga mencapai hasil terbaik.

Setiap usaha dan doa tidak akan pernah sia-sia, karena Allah SWT selalu memberi yang terbaik di waktu yang tepat.

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum hingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.

(Q.S. Ar-Rad 11)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, segala puji dan syukur diucapkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, karunia, dan nikmat kesehatan dan kesempatan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat terselesaikan skripsi ini. Sholawat teriring salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi agung Muhammad SAW yang telah membawa Islam dari zaman kebodohan hingga zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Skripsi yang berjudul “Efektivitas Model PjBL-STEM untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Memfasilitasi Kreativitas Siswa pada Konsep Energi Terbarukan” ini dibuat untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Starata 1 (S-1) di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Selama proses penyusunan skripsi ini, tentunya tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Sigit Purnama, M.Pd., sebagai Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Iva Nandya Atika, M.Ed., sebagai Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Puspo Rohmi, M.Pd., sebagai Sekretaris Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Joko Purwanto, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang sangat baik, selalu memberikan arahan, saran, semangat, dan do'a kepada penulis selama mengerjakan skripsi ini.
5. Dr. Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si., selaku Dosen Penguji I dan Puspo Rohmi, M.Pd., selaku Dosen Penguji II, terima kasih atas segala saran dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Norma Sidik Risdianto, Ph.D., Drs. Nur Untoro, M.Si., Ari Cahya Mawardi, M.Pd., Nira Nurwulandari, M.Pd., dan M.Y. Retno Tinon Kawuri, S.Pd. M.Pd.,

selaku validator yang telah memberikan kritik dan saran pada instrumen yang telah penulis susun.

7. Segenap Dosen Program Studi Pendidikan Fisika, Dosen dan Karyawan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan yang telah memberikan ilmu dan membantu dalam proses administrasi.
8. Kedua orang tua saya, adik, dan keluarga besar, yang telah memberikan do'a, semangat, dan dukungan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
9. Dedy Cipto Hartono, S.Pd., selaku Kepala Sekolah SMA N 1 Piyungan yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian
10. M.Y. Retno Tinon Kawuri, S.Pd. M.Pd., dan Dr. Semiono Raharjo, S.Pd., M.Pd.Si., sebagai guru pelajaran fisika SMA N 1 Piyungan yang telah memberikan kesempatan dan membimbing penulis selama proses penelitian.
11. Siswa SMA N 1 Piyungan Tahun 2025/2026 kelas XE 2 dan XE 3 atas kerja sama dan partisipasinya selama proses pengambilan data skripsi.
12. Teman-teman angkatan Pendidikan Fisika 2022 yang sudah berusaha untuk meraih gelar sarjana ini.
13. Rinda Oktaviyani, Nadiya Afifah Afra Salsabila, Febiana Dwi Wahyuni selaku observer penelitian, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu penulis melakukan penelitian.
14. Teman-teman satu bimbingan skripsi, Nadiya Afifah Afra Salsabila, Muhammad Icshan Akbar yang selalu membantu penulis selama proses penyusunan skripsi dan selalu memberikan dukungan, do'a, serta dukungan kepada penulis.
15. Teman-teman PSU, Umu Salumita Sari, Lutfi Elma Sintiya, Aulia, dan Priandina Ramadhania Istiningrum yang menjadi teman untuk berproses.
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungan selama penyusunan skripsi.
17. Terakhir, terima kasih kepada diri saya sendiri, Dinta Rahma Diya, karena sudah lebih baik dari hari kemarin dan tidak berlomba untuk lebih baik dari orang lain serta telah berusaha untuk memperoleh gelar sarjana.

Semoga segala bentuk bantuan yang telah diberikan kepada penulis dapat menjadi amal kebaikan untuk semua pihak yang terlibat dan mendapat balasan kebaikan dari Allah SWT. Penulis juga menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih belum sempurna, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan kedepannya.

Yogyakarta, 2 Juli 2026

Penulis,

Dinta Rahma Diya



**EFEKTIVITAS MODEL PJBL-STEM UNTUK MENINGKATKAN
PEMAHAMAN KONSEP DAN MEMFASILITASI KREATIVITAS SISWA
PADA KONSEP ENERGI TERBARUKAN**

Dinta Rahma Diya
22104050004

INTISARI

Pemahaman konsep merupakan salah satu komponen penting dalam pembelajaran fisika, sedangkan kreativitas merupakan salah satu kompetensi esensial abad ke-21 yang perlu dikembangkan melalui proses pembelajaran. Salah satu model pembelajaran yang berpotensi meningkatkan pemahaman konsep dan memfasilitasi kreativitas siswa adalah *Project Based Learning* berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (PJBL-STEM). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas model pembelajaran PJBL-STEM dalam meningkatkan pemahaman konsep dan memfasilitasi kreativitas siswa pada materi energi terbarukan.

Penelitian ini menggunakan metode *quasi experiment* dengan desain *nonequivalent control group design*. Sampel ditentukan menggunakan teknik *cluster sampling*, yaitu kelas XE 2 sebagai kelas kontrol dan kelas XE 3 sebagai kelas eksperimen. Data pemahaman konsep diperoleh melalui tes uraian *pretest* dan *posttest*, sedangkan kreativitas diukur menggunakan lembar observasi dan *self assessment*. Peningkatan pemahaman konsep dianalisis menggunakan skor N-gain, perbedaan peningkatan pemahaman konsep dianalisis menggunakan uji Mann-Whitney U, dan besarnya pengaruh model pembelajaran dianalisis menggunakan *effect size*. Kreativitas dianalisis secara kuantitatif deskriptif berdasarkan rata-rata skor.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor N-gain pemahaman konsep kelas eksperimen sebesar 0,70 (kategori sedang), lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,19 (kategori rendah). Hasil uji Mann-Whitney U menunjukkan terdapat perbedaan peningkatan pemahaman konsep yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. *Effect size* diperoleh sebesar 0,46

(kategori sedang). Kreativitas siswa memperoleh rata-rata skor 78 berdasarkan lembar observasi dan 79 berdasarkan *self assessment*, keduanya berkategori tinggi. Berdasarkan hasil penelitian, model pembelajaran PjBL-STEM efektif meningkatkan pemahaman konsep dan memfasilitasi kreativitas siswa pada materi energi terbarukan.

Kata kunci: PjBL-STEM, Pemahaman Konsep, Kreativitas, Energi Terbarukan, Pembelajaran Fisika



EFFECTIVENESS OF PJBL-STEM MODEL IN ENHANCING CONCEPTUAL UNDERSTANDING AND FACILITATING STUDENT CREATIVITY REGARDING RENEWABLE ENERGY CONCEPTS

Dinta Rahma Diya
22104050004

ABSTRACT

Concept understanding is one of the important components in physics learning, while creativity is one of the essential 21st-century competencies that needs to be developed through the learning process. One of the learning models that has the potential to improve students' concept understanding and facilitate creativity is Project-Based Learning integrated with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (PJBL-STEM). This study aims to analyze the effectiveness of the PJBL-STEM learning model in improving concept understanding and facilitating students' creativity on renewable energy topics.

This study employed a quasi-experimental method with a nonequivalent control group design. The samples were selected using cluster sampling, consisting of class XE 2 as the control group and class XE 3 as the experimental group. Data on concept understanding were obtained through essay tests in the form of pretest and posttest, while creativity was measured using observation sheets and self-assessment. The improvement in concept understanding was analyzed using N-gain scores, the difference in concept understanding improvement between groups was analyzed using the Mann–Whitney U test, and the effect size of the learning model was analyzed. Creativity was analyzed quantitatively and descriptively based on the average scores.

The results showed that the average N-gain score of concept understanding in the experimental group was 0.70 (medium category), higher than that of the control group, which was 0.19 (low category). The Mann–Whitney U test results indicated a significant difference in concept understanding improvement between the experimental and control groups. The

effect size obtained was 0.46 (medium category). Students' creativity obtained average scores of 78 based on observation sheets and 79 based on self-assessment, both of which were categorized as high. Based on the findings, the PjBL-STEM learning model was effective in improving concept understanding and facilitating students' creativity in renewable energy topics.

Keywords: PjBL-STEM, Conceptual Understanding, Creativity, Renewable Energy, Physics Learning



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
INTISARI	x
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah.....	7
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian.....	8
G. Definisi Operasional	8
BAB II LANDASAN TEORI	11
A. Kajian Teori	11
B. Kajian Penelitian yang Relevan	36

C. Kerangka Berpikir	39
D. Hipotesis Penelitian	42
BAB III METODE PENELITIAN	43
A. Jenis dan Desain Penelitian.....	43
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	44
C. Populasi dan Sampel	44
D. Variabel Penelitian.....	45
E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	46
F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen.....	53
G. Teknik Analisa Data	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	64
A. Hasil Penelitian	66
B. Pembahasan.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
A. Kesimpulan	79
B. Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA.....	80
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Langkah-langkah Model Pembelajaran PjBL	14
Tabel 2.2 Penelitian Relevan.....	38
Tabel 3.1 <i>Nonequivalent Control Group Design</i>	43
Tabel 3.2 Rincian Kisi-Kisi Instrumen Tes.....	48
Tabel 3.3 Rincian Instrumen Observasi	50
Tabel 3.4 Rincian Instrumen <i>Self Assessment</i>	52
Tabel 3.5 Nilai Aiken's V	53
Tabel 3.6 Kriteria Nilai Validitas Aiken's V	54
Tabel 3.7 Validitas Isi Tes Pemahaman Konsep.....	54
Tabel 3.8 Validitas Isi Instrumen Lembar Observasi.....	55
Tabel 3.9 Validitas Isi Instrumen <i>Self Assessment</i>	56
Tabel 3.10 Nilai r <i>Product Moment</i>	57
Tabel 3.11 Validitas Empiris Tes Pemahaman Konsep	57
Tabel 3.12 Alpha Cronbach	58
Tabel 3.13 Reliabilitas Soal	58
Tabel 3.14. Klasifikasi Tingkat Kesukaran.....	59
Tabel 3.15 Tingkat Kesukaran Butir Soal.....	59
Tabel 3.16 Klasifikasi Daya Pembeda	60
Tabel 3.17 Daya Pembeda Butir Soal	61
Tabel 3.18 Kategori Skor <i>N-Gain</i>	63
Tabel 3.19 Kategori <i>Effect Size</i>	64
Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Pemahaman Konsep.....	66
Tabel 4.2 Hasil Uji Normalitas Saphiro-Wilk.....	67

Tabel 4.3 Hasil Uji Homogenitas Levene Statistic	67
Tabel 4.4 Hasil Uji Hipotesis	67
Tabel 4.5 N-gain.....	68
Tabel 4.6 <i>Effect Size</i>	68
Tabel 4.7 Statistik Deskriptif Lembar Observasi Kreativitas	69
Tabel 4.8 Statistik Deskriptif Lembar <i>Self Assessment</i> Kreativitas	69
Tabel 4.9. Keterkaitan Sintaks PjBL-STEM dengan Pemahaman Konsep dan Kreativitas	73



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Angin dengan Poros Horizontal	26
Gambar 2.2 Turbin Angin dengan Poros Vertikal	27
Gambar 2.3 Kerangka Berfikir.....	41



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Modul Ajar Kelas Eksperimen	88
Lampiran 1.2 Modul Ajar Kelas Kontrol	88
Lampiran 2.1 Instrumen Tes Pemahaman Konsep	89
Lampiran 2.2 Instrumen Kreativitas (Lembar Observasi)	92
Lampiran 2.3 Instrumen Kreativitas (<i>Self Assessment</i>).....	109
Lampiran 3.1 Lembar Validasi Instrumen Tes Pemahaman Konsep.....	111
Lampiran 3.2 Hasil Validitas Isi Instrumen Tes Pemahaman Konsep.....	114
Lampiran 3.3 Hasil Uji Coba Soal	115
Lampiran 3.4 Uji Validitas Empiris Instrumen Tes Pemahaman Konsep .	116
Lampiran 3.5 Reliabilitas Instrumen Tes Pemahaman Konsep	116
Lampiran 3.6 Tingkat Kesukaran Soal Tes Pemahaman Konsep	117
Lampiran 3.7 Daya Beda Soal Tes Pemahaman Konsep	117
Lampiran 3.8 Lembar Validasi Instrumen Kreativitas (Lembar Observasi)	118
Lampiran 3.9 Hasil Validitas Instrumen Kreativitas (Lembar Observasi)	121
Lampiran 3.10 Lembar Validasi Instrumen Kreativitas (<i>Self Assessment</i>)	122
Lampiran 3.11 Hasil Validitas Instrumen Kreativitas (<i>Self Assessment</i>)...	125
Lampiran 4.1 Hasil Uji Normalitas Tes Pemahaman Konsep	126
Lampiran 4.2 Hasil Uji Homogenitas Tes Pemahaman Konsep	126
Lampiran 4.3 Hasil Uji Hipotesis Tes Pemahaman Konsep	126
Lampiran 4.4 Hasil N-gain Tes Pemahaman Konsep	127
Lampiran 4.5 Output <i>Effect Size</i> Tes Pemahaman Konsep	127
Lampiran 4.6 Hasil Penilaian Tes Pemahaman Konsep	128
Lampiran 4.7 Hasil Observasi Kreativitas	131

Lampiran 4.8 Hasil <i>Self Assessment</i> Kreativitas	133
Lampiran 5.1 Surat Izin Penelitian.....	136
Lampiran 5.2 Surat Keterangan Penelitian	137
Lampiran 5.3 Surat Izin Permohonan Validasi Instrumen.....	138
Lampiran 5.4 Dokumentasi Penelitian.....	139
Lampiran 5.5 Curriculum Vitae	142



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kreativitas merupakan salah satu kompetensi esensial abad ke-21 yang perlu dikembangkan melalui proses pendidikan untuk mempersiapkan siswa menghadapi berbagai tantangan global (Pahrijal dan Priyana, 2023). Dalam pembelajaran, kreativitas didefinisikan sebagai kemampuan siswa untuk menghasilkan, mengembangkan, dan mengombinasikan berbagai ide dalam menyelesaikan berbagai permasalahan secara inovatif (Suyuti, 2024). Menurut Guilford (1956), kreativitas mencakup empat aspek utama, yaitu *fluency* (kelancaran menghasilkan ide), *flexibility* (keluwesan berpikir), *originality* (keunikan gagasan), dan *elaboration* (perincian ide secara detail). Keempat aspek tersebut menjadi indikator penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang diperlukan dalam pembelajaran abad ke-21 (Sitorus dkk., 2025).

Kreativitas memiliki peran penting dalam mendukung pemahaman konsep siswa. Pemahaman konsep akan meningkat ketika siswa diberi kesempatan untuk menciptakan suatu desain, melakukan percobaan, menghasilkan berbagai alternatif solusi, dan mengevaluasi hasil yang diperoleh (Rohayati dkk., 2012). Proses tersebut mendorong siswa membangun pengetahuan secara aktif sehingga konsep yang dipelajari menjadi lebih bermakna. Dengan demikian, kreativitas tidak hanya berperan dalam menghasilkan ide-ide baru, tetapi juga membantu siswa memahami hubungan antarkonsep dan menerapkannya pada berbagai situasi (Suherman dkk., 2025).

Namun, kondisi pembelajaran fisika di sekolah masih menunjukkan adanya kesenjangan dengan tuntutan kompetensi abad ke-21. Proses pembelajaran masih cenderung didominasi oleh metode ceramah dan latihan soal yang bersifat prosedural, sehingga pembelajaran lebih berorientasi pada pencapaian nilai dibandingkan pengembangan kreativitas maupun pemahaman konsep (Astawan dkk., 2023). Kesempatan siswa untuk mengeksplorasi ide,

melakukan percobaan, atau menemukan alternatif solusi terhadap suatu permasalahan masih relatif terbatas. Akibatnya, siswa cenderung mempelajari fisika secara prosedural dengan mengikuti langkah-langkah penyelesaian yang telah ditentukan tanpa memahami alasan ilmiah di balik konsep yang dipelajari (Beeler dkk., 2024).

Selain itu, pembelajaran masih cenderung menyajikan konsep-konsep sains secara terpisah sehingga siswa belum memperoleh pengalaman belajar yang terintegrasi empat aspek *science, technology, engineering, dan mathematics* (STEM) dalam menyelesaikan permasalahan nyata. Kondisi tersebut menyebabkan siswa belum terbiasa menghubungkan konsep fisika dengan penerapan teknologi, proses perancangan, maupun analisis matematis secara terpadu. Akibatnya, keterlibatan siswa dalam aktivitas berpikir berbasis desain dan rekayasa masih rendah, sehingga kesempatan untuk memperdalam pemahaman konsep dan mengembangkan kreativitas menjadi kurang optimal. Kondisi tersebut berdampak juga pada persepsi siswa terhadap fisika yang dianggap sulit, kaku, identik dengan perhitungan matematis, dan berorientasi pada jawaban benar sehingga minat belajar mereka menjadi rendah (Birgili, 2015).

Kesenjangan tersebut juga terlihat dari berbagai indikator capaian pendidikan dan inovasi secara makro. *Global Creativity Index* (GCI) tahun 2015 menempatkan Indonesia pada peringkat 115 dari 139 negara. Hasil ini menunjukkan bahwa kapasitas kreativitas dan inovasi nasional masih perlu ditingkatkan, sehingga penguatan melalui pendidikan menjadi penting. Selain itu, laporan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) dalam PISA menyatakan bahwa sebagian besar siswa Indonesia hanya mampu menyelesaikan soal pada level kognitif rendah yang berfokus pada identifikasi fakta, bukan menghasilkan gagasan baru atau penalaran fleksibel. Siswa Indonesia masih mengalami kesulitan dalam menarik inferensi, mengevaluasi argumen ilmiah, atau menghubungkan konsep dengan fenomena dunia nyata. Hanya 5% siswa Indonesia yang mencapai level mahir (level 5 atau 6) dalam tes berpikir kreatif (OECD, 2023).

Temuan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran fisika perlu diarahkan pada proses pembelajaran, yang tidak hanya berorientasi pada pemahaman konsep, tetapi juga mampu mengembangkan kreativitas melalui pengalaman belajar yang kontekstual. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kreativitas dalam pembelajaran fisika menjadi semakin penting, terutama dalam menghadapi tantangan global seperti perkembangan teknologi, kebutuhan energi, dan isu keberlanjutan (Triana dkk., 2025). Melalui pembelajaran yang kontekstual, siswa diharapkan mampu mengaitkan konsep dengan fenomena nyata sehingga siswa dapat meningkatkan pemahaman konsep sekaligus memfasilitasi kreativitas.

Salah satu materi fisika yang relevan dengan kondisi tersebut adalah energi terbarukan. Materi ini berkaitan erat dengan berbagai isu global, seperti perubahan iklim, meningkatnya kebutuhan energi, dan transisi dari energi fosil menuju energi yang lebih ramah lingkungan (IPCC, 2023). Pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA), materi ini tidak hanya bertujuan untuk pemahaman konsep dan kreativitas, tetapi juga membentuk sikap pro-lingkungan untuk menjaga keberlangsungan kehidupan di bumi (Lidya dkk., 2024). Siswa juga perlu memahami prinsip-prinsip energi terbarukan sejak dini agar mampu berkontribusi terhadap pengembangan teknologi berkelanjutan (Susiloningsih, 2025). Oleh karena itu, materi energi terbarukan relevan untuk meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami konsep dan kreativitas terfasilitasi.

Namun, berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan guru fisika di SMA N 1 Piyungan, pembelajaran pada materi energi terbarukan masih menghadapi kendala. Keterbatasan sarana laboratorium menyebabkan kegiatan pembelajaran lebih banyak dilakukan melalui penyampaian materi, diskusi, dan latihan soal dibandingkan dengan kegiatan praktikum atau proyek. Selain itu, hasil wawancara menunjukkan bahwa, pembelajaran dengan proyek pada materi energi terbarukan belum pernah diterapkan. Kondisi tersebut menyebabkan siswa belum memperoleh pengalaman belajar yang memungkinkan mereka mengeksplorasi ide, melakukan percobaan, mengembangkan alternatif solusi,

dan mengevaluasi hasil produk, padahal proses tersebut berperan penting dalam mengembangkan kreativitas siswa (Triyono, 2017).

Kondisi tersebut juga berdampak pada pemahaman konsep siswa mengenai energi terbarukan. Pembelajaran yang berfokus pada penyampaian teori menyebabkan siswa cenderung memahami konsep sebatas definisi, persamaan, dan ilustrasi yang terdapat pada buku atau media pembelajaran tanpa mengaitkannya dengan penerapan dalam kehidupan sehari-hari (Dwi dkk., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa siswa belum memperoleh pengalaman belajar yang memadai untuk membangun pemahaman konsep melalui kegiatan penyelidikan dan penerapan konsep secara langsung. Penelitian Ikhsan dkk. (2025) juga menunjukkan bahwa siswa SMA masih mengalami kesulitan dalam memahami prinsip dasar konversi energi, seperti perubahan energi kinetik angin menjadi energi listrik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran energi terbarukan memerlukan strategi yang mampu menghubungkan konsep fisika dengan pengalaman nyata sehingga siswa dapat membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan strategi pembelajaran yang mampu memberikan pengalaman belajar secara langsung kepada siswa melalui kegiatan yang kontekstual, menantang, dan berorientasi pada penyelesaian masalah nyata. Salah satu strategi yang sesuai adalah pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL). Melalui pembelajaran proyek, siswa tidak hanya mempelajari konsep secara teoritis, tetapi juga memperoleh kesempatan untuk menerapkan konsep tersebut dalam menghasilkan suatu produk yang memiliki keterkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Kegiatan tersebut mendorong siswa untuk berpikir kreatif, mengembangkan berbagai alternatif solusi, bekerja sama dalam kelompok, dan mengevaluasi hasil proyek. Dengan demikian, pembelajaran PjBL berpotensi meningkatkan pemahaman konsep sekaligus mengembangkan kreativitas siswa.

Salah satu proyek yang relevan untuk diterapkan pada materi energi terbarukan adalah pembuatan turbin angin mini. Proyek ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengaplikasikan berbagai konsep fisika, seperti

gaya, konversi energi, kecepatan angin, dan efisiensi sistem dalam bentuk kegiatan yang nyata (Lidya dkk., 2024). Selain itu, siswa juga terlibat secara langsung dalam proses merancang bentuk bilah turbin, menentukan bahan yang digunakan, menyusun prototipe, melakukan pengujian, menganalisis hasil pengujian, dan menyempurnakan rancangan berdasarkan hasil evaluasi. Melalui pengalaman tersebut, siswa tidak hanya memperoleh pemahaman konsep yang lebih mendalam, tetapi juga mengembangkan kreativitas, kemampuan berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kemampuan memecahkan masalah (Astawan dkk., 2023; Sumarni, 2025).

Pelaksanaan proyek memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna sehingga pembelajaran perlu diintegrasikan dengan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). Pendekatan ini mendorong siswa untuk mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam proses pembelajaran (Uden dkk., 2023). Pada proyek turbin angin mini, integrasi STEM terlihat dari penerapan konsep fisika (*science*), pemanfaatan alat dan bahan sebagai bentuk penerapan teknologi (*technology*), perancangan dan pembuatan prototipe (*engineering*), kemudian pengukuran dan analisis data matematis (*mathematics*) sehingga pembelajaran menjadi kontekstual dan aplikatif. Hal ini membantu mengatasi permasalahan pembelajaran yang belum multidisiplin karena masih cenderung memisahkan konsep-konsep dalam sains. Dalam implementasi PjBL-STEM, siswa terlibat dalam tahapan pembelajaran yang meliputi identifikasi masalah, perancangan ide, pembuatan dan pengujian prototipe, dan penyempurnaan berdasarkan hasil pengujian. Keterlibatan aktif siswa dalam seluruh tahapan tersebut memberikan kesempatan untuk membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung yang berdampak pada penguatan pemahaman konsep dan pengembangan kreativitas (Suherman dkk., 2025; Niswah dkk., 2024).

Beberapa penelitian menunjukkan efektivitas model pembelajaran PjBL maupun pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika. Astawan dkk. (2023) menunjukkan bahwa PjBL mampu meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa melalui kegiatan proyek. Suherman dkk. (2025) melaporkan bahwa

pendekatan STEM efektif meningkatkan kreativitas dan pemahaman konsep. Lidya dkk. (2024) mengembangkan proyek turbin angin mini sebagai media pembelajaran energi terbarukan, sedangkan Syamra (2025) menunjukkan bahwa PjBL-STEM memberikan pengaruh positif terhadap pembelajaran fisika pada materi energi terbarukan. Selain itu, Niswah dkk. (2024) juga melaporkan bahwa implementasi PjBL-STEM mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Berdasarkan telaah terhadap berbagai penelitian tersebut, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengaruh PjBL-STEM terhadap kreativitas dan pemahaman konsep secara terpisah. Penelitian yang mengintegrasikan PjBL-STEM melalui proyek turbin angin mini untuk menganalisis pemahaman konsep dan kreativitas secara simultan pada materi energi terbarukan siswa SMA masih terbatas. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, diperlukan pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep dengan pengalaman belajar yang kontekstual dan berpusat pada siswa. Integrasi model PjBL-STEM proyek turbin angin mini dipandang sebagai solusi yang tepat untuk meningkatkan pemahaman konsep dan memfasilitasi kreativitas siswa. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian eksperimen yang berjudul **“Efektivitas Model PjBL-STEM untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Memfasilitasi Kreativitas Siswa pada Konsep Energi Terbarukan”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, maka dapat diidentifikasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Pembelajaran fisika yang ideal melibatkan siswa secara aktif, tetapi keterlibatan aktif siswa belum maksimal.
2. Materi energi terbarukan perlu diajarkan melalui kegiatan berbasis proyek, namun penerapannya masih belum optimal.

3. Kreativitas merupakan salah satu kemampuan yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran fisika, tetapi kreativitas siswa belum berkembang optimal.
4. Pembelajaran fisika pada materi energi terbarukan seharusnya membangun pemahaman konsep secara kontekstual dan multidisiplin, namun belum terlaksana secara optimal.
5. Penerapan model PjBL-STEM seharusnya diterapkan pada materi energi terbarukan, namun implementasinya masih terbatas.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian identifikasi masalah, maka dapat dibatasi masalah yang akan diteliti pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada penerapan model PjBL-STEM dengan fokus kajian pemahaman konsep ranah C2-C5 dan kreativitas berdasarkan konsep 4P serta aspek kreativitas.
2. Penelitian ini dibatasi pada materi energi terbarukan dengan penerapan proyek turbin angin mini.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian batasan masalah, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apakah pembelajaran fisika menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa?
2. Apakah pembelajaran fisika menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM efektif untuk memfasilitasi kreativitas siswa?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah, maka dapat diketahui tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui efektivitas model pembelajaran PjBL-STEM untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa.

2. Mengetahui efektivitas model pembelajaran PjBL-STEM untuk memfasilitasi kreativitas siswa.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan semua uraian di atas, adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi peneliti, berguna untuk pemilihan model pembelajaran ketika nanti sudah menjadi guru, mendapatkan pengetahuan dan pengalaman belajar menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM.
2. Bagi guru, berfungsi sebagai sebuah terobosan inovatif yang memperkaya repertoar pedagogis guru, sehingga memudahkan diferensiasi pembelajaran dan penciptaan pengalaman belajar yang lebih bermakna (*meaningful learning*) bagi siswa.
3. Bagi siswa, mengasah kemampuan berpikir kreatif dan memperdalam pemahaman konsep melalui serangkaian aktivitas pembelajaran dan pemecahan masalah nyata dalam sebuah proyek, yang pada akhirnya membangun keterampilan abad ke-21.
4. Bagi sekolah, penelitian ini diharapkan dapat membantu sekolah dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran fisika, dengan model pembelajaran PJBL-STEM terhadap pemahaman konsep dan kreativitas khususnya materi energi terbarukan.

G. Definisi Operasional

1. Efektivitas Pembelajaran

Efektivitas pembelajaran dalam penelitian ini merupakan keberhasilan suatu perlakuan (*treatment*) dalam suatu proses pembelajaran dengan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL)-STEM untuk mencapai tujuan pembelajaran. Terdapat dua kemungkinan dalam penelitian ini untuk mengatakan suatu model efektif, yaitu sebagai berikut:

- a. Model pembelajaran PjBL-STEM dikatakan efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa apabila rata-rata skor N-gain kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol.
- b. Model pembelajaran PjBL-STEM dikatakan efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa apabila terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol berdasarkan uji beda rata-rata.
- c. Model pembelajaran PjBL-STEM dikatakan efektif untuk memfasilitasi kreativitas siswa apabila rata-rata skor kreativitas yang diperoleh melalui lembar observasi dan *self assessment* mencapai kategori tinggi berdasarkan pedoman interpretasi skor yang digunakan dalam penelitian. Kriteria ini merupakan kriteria operasional penelitian untuk menilai keterfasilitasan kreativitas siswa.

2. Model Pembelajaran PjBL-STEM

Model pembelajaran PjBL-STEM merupakan model pembelajaran berbasis proyek yang mengintegrasikan unsur *Science*, *Technology*, *Engineering*, dan *Mathematics* dalam proses penyelesaian masalah melalui kegiatan perancangan dan pembuatan produk. Model pembelajaran PjBL-STEM dalam penelitian ini merupakan pembelajaran yang dilaksanakan melalui tahapan (1) Menentukan pertanyaan mendasar (2) Penyusunan perencanaan proyek (3) Penyusunan jadwal dan pelaksanaan proyek (4) Pemantauan kinerja (5) Penilaian hasil (6) Evaluasi proyek (Kemendikbud, 2016). Model ini diterapkan untuk melibatkan siswa dalam pembelajaran yang berbasis produk.

3. Kreativitas

Kreativitas merupakan kemampuan siswa untuk menghasilkan ide atau produk yang baru, orisinal, dan bermanfaat. Kreativitas dalam penelitian ini adalah kemampuan siswa dalam menghasilkan ide dan solusi dalam proyek berbasis PjBL-STEM yang diukur dari empat dimensi

keaktivitas (1) *Person* (2) *Process* (3) *Press* dan (4) *Product* serta dinilai dari aspek kreativitas (1) *Fluency* (2) *Flexibility* (3) *Originality* dan (4) *Elaboration*. Kreativitas diukur pada kelas eksperimen dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif.

4. Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep merupakan kemampuan siswa dalam memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi secara benar dalam berbagai situasi. Pemahaman konsep dalam penelitian ini adalah kemampuan siswa dalam memahami konsep energi terbarukan yang diukur melalui tes kognitif berdasarkan indikator pemahaman konsep yang dikaitkan dengan taksonomi bloom revisi dari C2 hingga C5 yaitu (1) memahami (2) menerapkan (3) menganalisis dan (4) mengevaluasi. Data dianalisis menggunakan nilai *posttest* untuk melihat efektivitas pemahaman konsep siswa pada materi energi terbarukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Model pembelajaran PjBL-STEM efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa. Berdasarkan hasil uji Mann-Whitney U, diperoleh nilai signifikansi 0,000, N-gain kelas eksperimen sebesar 0,70 (kategori sedang) dan kelas kontrol sebesar 0,19 (kategori rendah), serta *effect size* sebesar 0,46 dengan kategori sedang.
2. Penerapan model PjBL-STEM mampu memfasilitasi kreativitas siswa dengan rata-rata skor sebesar 75 yang termasuk kategori tinggi. Rata-rata skor observasi sebesar 78 didominasi oleh dimensi *person*, sedangkan *self assessment* sebesar 72 didominasi oleh dimensi *press* dan *product*.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, diberikan beberapa saran sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Kreativitas dalam penelitian ini dianalisis pada kelas eksperimen tanpa melibatkan kelas kontrol sebagai pembanding. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan kedua kelas agar pengaruh PjBL-STEM terhadap kreativitas siswa dapat dikaji secara lebih mendalam.
2. Penelitian ini berfokus pada penerapan PjBL-STEM melalui proyek turbin angin mini pada energi terbarukan berupa energi angin. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan penerapan PjBL-STEM pada jenis energi terbarukan lainnya dalam pembelajaran fisika.
3. Proyek turbin angin mini dalam penelitian ini menggunakan satu konfigurasi orientasi poros, meskipun telah melibatkan variasi ukuran bilah dan analisis matematis. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan kajian variasi orientasi poros untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja turbin angin mini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087–2107.
- Aini, N., dkk. (2022). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning (PJBL) Berbasis STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Kappa Journal of Physics/KPD*. <https://doi.org/10.33578/kpd.v1i4.118>
- Ananda, W., Johari, A., dan Nazarudin. (2024). The Effect of the Project-Based Learning (PjBL) Model based on an Integrated STEM Approach with Entrepreneurial Character on Students' Creative Thinking Ability. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 12(1), 141–152. <https://doi.org/10.20527/bipf.v12i1.17937>
- Anggraini, S., dkk. (2025). Analisis proyek STEAM kincir angin dan jembatan dalam meningkatkan kreativitas dan kolaboratif siswa. *Tunjuk Ajar: Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, 8(2), 97-108. <https://doi.org/10.31258/jta.v8i1.97-108>
- Arifin, Zainal. (2018). *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya Offset.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Astawan, I. G., dkk (2023). STEM-Based Scientific Learning and Its Impact on Students' Critical and Creative Thinking Skills: An Empirical Study. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(3), 482–492. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i3.46882>
- Azizah, N. H., dan Kusairi, S. (2022). Bagaimana Perbandingan Penguasaan Konsep Siswa SMP dan SMA Pada Materi Listrik Arus Searah? *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(2), 191. <https://doi.org/10.24127/jpf.v10i2.4500>
- Bao, L., dan Koenig, K. (2019). Physics education research for 21st century learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8>
- Beeler, N., dkk. (2024). The effects of procedural and conceptual knowledge on visual learning. *Advances in Health Sciences Education*, 29(4), 1243–1263. <https://doi.org/10.1007/s10459-023-10304-0>
- Calvin, K., dkk. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report

of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
<https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

Dinantika, H. K., Suyanto, E., dan Nyeneng, I. D. P. (2019). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning Terhadap Kreativitas Siswa Pada Materi Energi Terbarukan. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 11(2), 73–80. <https://doi.org/10.30599/jti.v11i2.473>

Dwi, Z., dkk. (2025). Pengembangan Alat Peraga Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Mata Kuliah Praktik Pembangkit Tenaga Listrik. 1(1), 12–22. <https://doi.org/10.21831/jeee.v1i1.1711>

Education at a Glance 2023. (2023). OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/e13bef63-en>

English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 3, Issue 1). Springer.
<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>

Fadillah, N., dan Safitri, I. (2022). Peningkatan Prestasi Belajar IPA dengan Penggunaan Alat Peraga Elektromagnet pada Siswa Kelas V SD Negeri Bukit Tiga Aceh Timur. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2), 143–149.
<https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.569>

Fifi Mufida Syamra. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Pjbl-Stem Terhadap Keterampilan Kreativitas Ilmiah Pada Materi Energi Alternatif.

Fritz, C. O., Morris, P. E., dan Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2–18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>

Guilford, J. P. (1956). *The Structure of Intellect*. *Psychological Bulletin*, 53(4), 267–293.

Hameed, H. (2023). Teaching for Conceptual Change. In *The Maldives National Journal of Research* (Vol. 11, Issue 1).

Hara, A. K., Astiti, K. A., dan Lantik, V. (2023). Analisis Penguasaan Konsep Fisika pada Materi Suhu dan Kalor Pasca Pembelajaran Online di Kelas XI SMA Negeri 12 Kota Kupang. *Jurnal Ilmu Pendidikan (JIP) STKIP Kusuma Negara*, 14(2), 118–126. <https://doi.org/10.37640/jip.v14i2.1548>

Hardiansyah, Sujarman., dkk. (2019). Pengaruh Variasi Sudut Pitch dan Variasi Taper Blade Terhadap Performansi Turbin Angin Poros Horisontal.

Hawadi, R. A. (2001). *Psikologi perkembangan anak berbakat*. Jakarta: Grasindo.

- Hendrowati, T. Y. (2015). Pembentukan pengetahuan lingkaran melalui pembelajaran asimilasi dan akomodasi teori konstruktivisme Piaget. *Jurnal e-DuMath*, 1(1), 1–16. <https://doi.org/10.52657/je.v1i1.78>
- Hikmah Marisda, D., dan Handayani Hamid, Y. (2022). Assessmen Fluency of Thinking, Flexibility, dan Elaboration Calon Guru Fisika: Desain, Dan Validitas (Vol. 11, Issue 2). <http://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/TEK>
- Honey., dkk. (2014). STEM integration in K-12 education : status, prospects, and an agenda for research. The National Academies Press.
- Ikbal, M. S., Sinring, A., Kamaruddin, S. A., & Sakti, I. (2025). Esensi pembelajaran fisika dalam perspektif konstruktivisme: Sebuah systematic literature review. *Karst: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapannya*, 8(2), 119–132. <https://doi.org/10.46918/karst.v8i2.3028>
- Ikhsan., dkk. (2025). Peningkatan Kreativitas dan Pemahaman Siswa tentang Energi Terbarukan Melalui Perakitan Mobil Mainan Bertenaga Surya di SMP Baitul Hikmah 20 (1), 206-213. <https://ejournal.hamzanwadi.ac.id/index.php/edc>
- Inzghi, I., Wibowo, F. C., dan Serevina, V. (2023). E-modul berbasis project based learning (PjBL) terintegrasi STEM pada materi fluida statis dan dinamis. *Universitas Negeri Jakarta*. <https://doi.org/10.21009/03.1102.PF46>
- Judson., dkk. (2016). How engineering standards are interpreted and translated for middle school. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 6(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1121>
- Jumaeda, S., Fakultas, D., Tarbiyah, I., Keguruan, D., dan Ambon, I. (2015). Kreativitas dalam Pedagogik, Siti Jumaeda Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan (FITK) IAIN Ambon Kreativitas dalam Pedagogik: Thinking and Creativity of Teacher.
- Karim, dan Nomaya. (2015). Kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran matematika dengan menggunakan model Jucama di sekolah menengah pertama. *EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(1)92–104. Universitas Lambung Mangkurat.
- Khoiruddin, A., dan Suwito, D. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning (Pjbl) untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Siswa pada Kompetensi Dasar Aksi dan Reaksi Gaya SMK Negeri 7 Surabaya. *JPTM: Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 11(1), 38–43.
- Kotseva, I. (2017). Engineering Design-Based Learning in Integrative STEM Education. In *Science, Engineering & Education*, 4 (Issue 1).

- Lidya., dkk. (2024). The effect of design-based STEM learning on students' scientific creativity in solar energy topic. *Momentum: Physics Education Journal*, 8(2), 166–180. <https://doi.org/10.21067/mpej.v8i2.9767>
- Mardapi, D. (2012). *Pengukuran, Penilaian dan Evaluasi Pendidikan*. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Margot, K. C., dan Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 6, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Maulana, M. (2020). Penerapan model project based learning berbasis STEM pada pembelajaran fisika untuk meningkatkan kemandirian belajar peserta didik. *Teknodik*. <https://doi.org/10.32550/teknodik.v0i2.678>
- Mones, A. Y., Tinggi, S., St, P., dan Petrus Atambua, I. (n.d.). Anselmus Y Mones, Aristiawan, Muhtar, Deasy Irawati, Ahsan Muafa Project Based Learning (PjBL) Perspektif Progresivisme dan Konstruktivisme Project Based Learning (PjBL) Perspektif Progresivisme dan Konstruktivisme.
- Nababan, D., dkk. (2023). Strategi pembelajaran Project Based Learning (PJBL). *Pediaqu: Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 2 (2). <https://publisherqu.com/index.php/pediaqu>
- Nafiati, D. A., (2021). Revisi Taksonomi Bloom: Kognitif, Afektif, dan Psikomotorik, 21(2), 151-172. doi: 10.21831/hum.v21i2.29252.
- Niswah, K., dkk. (2024). Studi Literatur: Kemampuan Berpikir Kreatif dalam Model Pembelajaran Project Based Learning dengan Bantuan Aplikasi Geogebra. PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika, 7, 388–395. <https://proceeding.unnes.ac.id/prisma>
- Okti Sudarti, D. (2020). Mengembangkan Kreativitas Aptitude Anak dengan Strategi Habitiasi dalam Keluarga (Vol. 5, Issue 3).
- Pahrijal, R., dan Priyana, Y. (2023). Keterampilan Penting dalam Abad ke-21: Pendidikan dan Kesuksesan Profesional. In *Jurnal Pendidikan West Science* (Vol. 01, Issue 09).
- Parno, P., Yuliati, L., Ndadari, I. P., Ali, M., dan Sidra, O. (2020). Pembelajaran berbasis proyek terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi ilmiah siswa tentang topik statika fluida. *Journal of Physics: Conference Series*, 1491(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1491/1/012030>

- Payadnya, P. A. A., dan Jayantika, I. G. A. N. T. (2018). *Panduan Penelitian Eksperimen Beserta Analisis Statistik dengan SPSS*. Yogyakarta: Deepublish/CV. Budi Utama.
- Pinar, F. I. L., dkk. (2025). Fostering scientific creativity in science education through scientific problem-solving approaches and STEM contexts: a meta-analysis. In *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research (Vol. 7, Issue 1)*. Springer. <https://doi.org/10.1186/s43031-025-00137-9>
- Pranoto, I., dan Efendi, N. (2022). Effectiveness of teacher learning devices on concept attainment model learning. *Academia Open*, 7. <https://doi.org/10.21070/acopen.7.2022.3979>
- Putranta, H., dan Supahar. (2019). Development of Physics-Tier Tests (PysTT) to measure students' conceptual understanding and creative thinking skills: A qualitative synthesis. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(3), 747–775. <https://doi.org/10.17478/jegys.587203>
- Quang, T., dkk. (2015). STEM design study on project-based learning approach. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1509.03807>
- Rasyid, Fathor (2022). *Metodologi Penelitian Kualitatif Dan Kuantitatif Teori, Metode, Dan Praktek*. Pers IAIN Kediri. ISBN 978-623-7682-12-7
- Retno, D. A., dkk. (2025). Pemikiran Kreatif Siswa dalam Pembelajaran Berbasis Proyek Terintegrasi STEM (PJBL-STEM). *Journal of Education Research and Evaluation (JERE)*. <https://doi.org/10.23887/jere.v9i1.84704>
- Rismanita, E., Marto, H., dan Sakka, A. (2011). 48 Eka Rismanita. In *Suara Intelektual Gaya Matematika* (Vol. 3, Issue 1).
- Rohayati, A., dan Dahlan, J. A. (n.d.). (2012). Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis, Kreatif, dan Reflektif Siswa SMA Melalui Pembelajaran Open-Ended.
- Roslina, R., Liliawati, W., dan Hasanah, L. (2024). Integrasi pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM pada material energi alternatif sebagai pembelajaran efektif untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah. *Jurnal Pengajaran dan Pembelajaran Fisika*, 9(2). <https://doi.org/10.15575/jotalp.v9i2.26650>
- Roslina, R., Samsudin, A., dan Liliawati, W. (2022). Efektivitas pembelajaran berbasis proyek terintegrasi STEM dalam pendidikan fisika (STEM-PJBL): Tinjauan literatur sistematis. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1). <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.11722>

- Rusli, R., Liliawati, W., dan Hasanah, L. (2024). Pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM untuk material energi alternatif sebagai pembelajaran efektif untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah. *Fenomena Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(2), 145–156. <https://doi.org/10.21580/fen.2023.13.2.16609>
- Salimatul Hikmah, M., dan Noriza Munahefi, D. (2024). PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika Penerapan STEM dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis dan Pemecahan Masalah. *PRISMA*, 7, 944–950. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/>
- Samsudin, I., dkk. (2023). *Dasar-dasar teknik energi terbarukan untuk SMK/MAK Kelas X*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Pusat Perbukuan.
- Santoso, Singgih. (2010). *Statistik Parametrik, Konsep dan Aplikasi dengan SPSS*. Cetakan Pertama. Jakarta: PT Elex Media Komputindo, PT. Gramedia, Jakarta.
- Saputra, H., Al Auwal, T. M. R., dan Mustika, D. (2017). Pembelajaran Inkuiri Berbasis Virtual Laboratory Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Mahasiswa Calon Guru Pendidikan Fisika Universitas Samudra. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 1(2), 143–148. <https://doi.org/10.24815/jipi.v1i2.9688>
- Saputri., dkk. (2023). Analisis instrumen asesmen: Validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya beda butir soal. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 9 (5), 2986.
- Saqila, M. S., Anggraini, W., Suryadi, A., dan Suwarna, I. P. (2025). Students' system thinking skills through Project Based Learning with STEM approach (PjBL-STEM): A quasi-experimental study. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 14(1). <https://doi.org/10.24114/jpf.v14i1.66526>
- Sarnita, F., dkk. (2020). Penggunaan Strategi Mind Mapping Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa. <http://ejournal.mandalanursa.org/index.php/JIME/index>
- Satriani., dkk. (2024). Hubungan Pemahaman Konsep dengan Keterampilan Berpikir Kritis pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 20 (3), 249-259. <https://journal.unm.ac.id/index.php/JSPF>
- Silitonga, A. S., dan Ibrahim, H. (2020). *Buku Ajar Energi Baru dan Terbarukan*. Deepublish Publisher.

- Sitorus, L., dkk. (2025). Pengaruh Teknik Finger Painting Pada Pembelajaran Melukis Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Kelas Iv Sd Negeri 060857 Medan. 6.
- Stovian, Rifky. (2024). Analisis Pemahaman Konsep Peserta Didik Pada Materi Gerak Lurus Menggunakan Aplikasi Online Quizizz Rifky Stovian. 5.
- Sudjana, Nana. (2012). *Penelitian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Sugiyono. (2020). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (Edisi ke-2). Alfabeta.
- Suherman, S., dkk. (2025). The Role of STEM Teaching in Education: An Empirical Study to Enhance Creativity and Computational Thinking. *Journal of Intelligence*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/jintelligence13070088>
- Sumarni, W., dkk. (2025). Collaborative Ethno-STEAM Enriched Project-Based Learning (COE-STEAM-PJBL): Its Impact on Prospective Science Teachers' Collaboration and Creative Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14 (5), 458-468. <https://journal.unnes.ac.id/journals/jpii>
- Susiloningsih, E., dkk. (2025). Integration of STEM Approach in Science Education: Enhancing Students' Critical Thinking, Creativity, and Engagement in Elementary Schools in Palembang. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(4), 10–19. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i4.10615>
- Suyuti, S. (2024). The Importance of Creativity and Innovation in Education: How to Prepare Students for the 21st Century Workforce Pentingnya Kreativitas dan Inovasi dalam Pendidikan: Bagaimana Mempersiapkan Siswa Menghadapi Dunia Kerja Abad 21. <https://journal.ppipbr.com/index.php/edutech/index>
- Syamra, F. M., & Suryadi, A. (2025). Comparing project-based learning and integrated STEM approach in enhancing scientific creativity in renewable energy education. *Pedagogical Research*, 10(3), em0244. <https://doi.org/10.29333/pr/16751>
- Thongsri, P., dan Susilowati, E. (2021). Analysis Dimensions of Creativity In STEM Integrated Project-Based Learning. *Jurnal Kependidikan*, 5(2), 237-249. <https://journal.uny.ac.id/index.php/jk/>
- Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking: Norms-technical manual, verbal tests, forms A and B, figural tests, forms A and B*. Xerox, Personnel Press, Ginn, Xerox Education Company.

- Triana, D., dkk. (2025). Analisis Keterampilan Computational Thinking dan Creativity pada Pembelajaran Fisika di SMA N 1 Pemalang. *Lontar Physics Today*, 4(2), 099–104. <https://doi.org/10.26877/lpt.v4i2.23769>
- Triyono., dkk. (2017). Pengaruh Pembelajaran IPA Berbasis *Creative Problem Solving* terhadap Kreativitas Siswa SMP. *Jurnal Kependidikan*, 1(2), 214–226.
- Uden, Lorna., dkk. (2023). Integrated science, technology, engineering, and mathematics project-based learning for physics learning from neuroscience perspectives. *Front. Psychol* 14:1136246. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1136246
- Wahyuni, Molli. (2021). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Nuta Media.
- Widiawati, R., Virman, V., dan Siallagan, J. (2022). Pengembangan modul fisika terintegrasi STEM-PjBL dalam bahan listrik arus searah untuk meningkatkan hasil pembelajaran. *JUPI*. <https://doi.org/10.31957/jupi.v10i1.1932>
- Yazar Soyadı, B. B. (2015). Creative and Critical Thinking Skills in Problem-based Learning Environments. *Journal of Gifted Education and Creativity*, 2(2).
- Yulaikah, I., dkk. (2022). Efektivitas Pembelajaran STEM dengan Model PjBL Terhadap Kreativitas dan Pemahaman Konsep IPA Siswa Sekolah Dasar. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>
- Yusra, R. A., dkk. (2025). Pengaruh PjBL-STEM terhadap Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Energi Terbarukan dalam Mendukung Pendidikan yang Berkualitas. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13(Special_issue), 26–37. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.86537