



## Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Energi Terbarukan melalui PjBL-STEM dengan *Design Thinking*

Windi Anggraini, Maya Shinta Saqila, Ahmad Suryadi\*, Iwan Permana Suwarna

Program Studi Pendidikan Fisika, UIN Syarif Hidayatullah, Indonesia

\*Korespondensi Penulis. E-mail: [ahmads@uinjkt.ac.id](mailto:ahmads@uinjkt.ac.id)

### Abstrak

Kemampuan berpikir kritis di Indonesia khususnya dalam pembelajaran fisika masih tergolong rendah. Salah satu alternatif yang dinilai efektif untuk mengatasi permasalahan ini adalah model PjBL-STEM dengan *Design Thinking* (DT). Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh model pembelajaran *Project based Learning* (PjBL)-STEM yang dipadukan dengan DT terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi energi terbarukan. Metode yang digunakan adalah *quasi-experimental* dengan desain penelitian *nonequivalent control group design*. Sampel terdiri dari 69 peserta didik kelas X dari salah satu SMA swasta di Tangerang Selatan yang dipilih secara teknik *purposive sampling*. Hasil *post-test* menunjukkan bahwa nilai rata-rata kelompok eksperimen ( $M = 59,98$ ) lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol ( $M = 51,56$ ), dengan nilai signifikansi  $0,03$  *effect size* Cohen's  $d$  sedang ( $r = 0,5$ ) dan skor N-Gain kategori sedang ( $0,49$ ). Meski terlihat adanya peningkatan, kemampuan berpikir kritis peserta didik secara umum masih tergolong rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan *design thinking* dalam PjBL STEM dapat membantu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik, terutama pada topik seperti energi terbarukan.

**Kata Kunci:** *Design thinking*, Energi terbarukan, Kemampuan berpikir kritis, PjBL-STEM.

## *Improving Students' Critical Thinking Skills on Renewable Energy Material through PjBL-STEM with Design Thinking*

### Abstract

*Critical thinking skills in Indonesia particularly in physics education, remain relatively low. One alternative considered effective in overcoming this problem is the PjBL-STEM model with DT. This study aims to see the effect of the Project-based Learning (PjBL)-STEM learning model combined with DT on students' critical thinking skills in renewable energy material. The method used is a quasi-experimental design with a nonequivalent control group. The sample consisted of 69 grade X students from a private high school in South Tangerang who were selected using purposive sampling techniques. The post-test results showed that the average score of the experimental group ( $M = 59.98$ ) was higher than the control group ( $M = 51.56$ ), with a significance value of  $0.03$ . Cohen's  $d$  effect size was moderate ( $r = 0.5$ ) and the N-Gain score was moderate ( $0.49$ ). Although there is an increase, students' critical thinking skills are generally still low. This finding suggests that the application of design thinking in PjBL STEM can help improve students' critical thinking skills, especially on topics such as renewable energy.*

**Keywords:** *Design thinking, Renewable energy, Critical thinking skills, PjBL – STEM*

**How to Cite:** Anggraini, W., Saqila, M. S., Suryadi, A., & Suwarna, I. P. (2025). Peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi energi terbarukan melalui pjbl-stem dengan design thinking. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13(2), 321–335. <https://dx.doi.org/10.21831/jpms.v13i2.87690>

**Permalink/DOI: DOI:** <https://dx.doi.org/10.21831/jpms.v13i2.87690>

### PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan pesat ilmu dan teknologi di abad ke-21, penting bagi setiap

individu untuk menguasai kemampuan berpikir kritis guna menghadapi tantangan zaman ini. Sebagai bagian dari upaya mempersiapkan diri menghadapi era tersebut, Indonesia perlu

menyiapkan generasi penerus yang memiliki kompetensi yang relevan dan bermanfaat (Lestari & Hindun, 2023). Kompetensi yang krusial dalam menghadapi abad ke-21 keempat kompetensi ini dikenal sebagai (4C) mencakup *critical thinking* dan *problem solving*, *communication*, *creativity*, dan *collaboration* (Cynthia & Sihotang, 2023). Di antara keempat kompetensi tersebut, kemampuan berpikir kritis menjadi landasan penting karena melalui proses ini peserta didik terlatih untuk mengamati, merumuskan pertanyaan, mengajukan hipotesis, mengamati dan mengumpulkan data, serta menarik kesimpulan (Syukria et al., 2025). Selain itu, berpikir kritis juga mengembangkan kemampuan peserta didik dalam berpikir logis dan menilai informasi dengan kritis (Shalihah, 2019). Kemampuan berpikir kritis sangat penting dalam membantu peserta didik mengembangkan bakat mereka, meningkatkan konsentrasi, fokus dalam memecahkan masalah, dan mengasah kemampuan berpikir analitis (Susantini et al., 2021).

Kemampuan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Penelitian dengan metode *Partial Credit Models* (PCM) menunjukkan hanya 1,67% peserta didik berada pada tingkat tinggi, sementara mayoritas berada di tingkat sedang (60%) dan rendah (3,33%) (Asyisyifa et al., 2019). Sundari & Sarkity (2021) juga menemukan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih rendah, terutama dalam membuat kesimpulan dan penjelasan lanjutan, sementara aspek lainnya berada pada kategori sedang. Temuan ini menunjukkan perlunya strategi pembelajaran yang lebih efektif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis secara optimal. (Sundari & Sarkity, 2021). Kondisi ini menunjukkan urgensi penerapan model pembelajaran inovatif yang dapat mendorong peserta didik berpikir kritis dalam menyelesaikan permasalahan nyata (Syamsudin, 2020).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik, khususnya dalam pembelajaran fisika. Studi yang dilakukan oleh Mahanal dan Zubaidah (2017) menunjukkan bahwa pembelajaran yang aktif dan dengan pemecahan masalah memiliki potensi besar dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik (Mahanal & Zubaidah, 2017). Menurut Naf'atuzzahrah et al. (2022), fisika tidak semestinya hanya dilihat sebagai produk saja, melainkan juga harus mencakup

aspek proses dan sikap (Naf'atuzzahrah et al., 2022). Oleh sebab itu, diperlukan penerapan model atau metode pembelajaran yang sesuai dalam mengembangkan kompetensi peserta didik, termasuk kemampuan berpikir kritis.

Pembelajaran dengan pendekatan proyek memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar secara langsung melalui kegiatan yang nyata. Dengan cara ini peserta didik bisa melatih dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis mereka secara lebih baik. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Suastra dan Ristiati (2019), menunjukkan bahwa peserta didik yang mengikuti pembelajaran dengan proyek memiliki kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan dengan peserta didik yang belajar melalui metode konvensional (Suastra & Ristiati, 2019). Selain menerapkan model pembelajaran yang tepat agar dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, dibutuhkan juga inovasi dalam pendekatan pembelajaran untuk mendorong keterlibatan aktif peserta didik dan memperdalam pemahaman konsep (Mardiyah et al., 2025). Menurut Ramadayanti et al. (2017), penggunaan strategi inovatif yang menggabungkan elemen kreatif dan kolaboratif terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Ramadayanti et al., 2017). PjBL-STEM menjadikan peserta didik terlibat secara aktif dan berpartisipasi di dalam proses pembelajaran (Purwaningsih et al., 2020). Pendekatan ini mengintegrasikan konsep-konsep sains, pemanfaatan teknologi, prinsip rekayasa, dan analisis matematika untuk menciptakan pengalaman belajar yang terpadu. STEM berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan keempat disiplin ilmu tersebut dalam membantu peserta didik memahami berbagai fenomena di alam semesta (Suryadi & Kurniati, 2021).

Model *Project-Based Learning* (PjBL) memang efektif untuk melatih kemampuan berpikir kritis, namun pelaksanaannya memerlukan waktu yang cukup lama dan sering membuat peserta didik kesulitan memahami masalah. Salah satu cara mengatasi hal ini adalah dengan menerapkan pendekatan *Design Thinking* (DT) karena memberikan alur yang terstruktur. Tahap *empathize* dalam DT membantu peserta didik memahami masalah secara mendalam dan melatih kemampuan berpikir kritis mereka (Satria & Muntaha, 2022). Penerapan *design thinking* dalam pembelajaran terbukti memberikan dampak positif terhadap

peningkatan kemampuan berpikir kritis. Riti et al. (2021), menemukan bahwa pengembangan model pembelajaran dengan proyek dengan menerapkan *design thinking* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam pelajaran kimia (Riti et al., 2021). Penelitian tersebut menemukan bahwa partisipasi peserta didik dalam model pembelajaran tersebut berdampak positif terhadap kemampuan mereka dalam memecahkan masalah serta dalam hal kreativitas. Hal ini karena melalui *design thinking* terintegrasi STEM peserta didik diberi kesempatan untuk mewujudkan kreatifitas dan dapat meningkatkan Kemampuan abad 21 (Hasibuan et al., 2022).

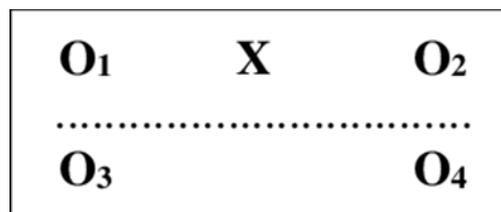
Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang hanya menerapkan PjBL atau STEM secara terpisah, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa integrasi model *Project-based Learning* (PjBL)-STEM dengan pendekatan *Design Thinking* (DT) secara komprehensif. Integrasi ini memungkinkan peserta didik tidak hanya memahami konsep secara mendalam, tetapi juga berlatih berpikir kritis melalui tahapan-tahapan berpikir desain seperti *empathize*, *define*, *ideate*, *prototype*, dan *test*. Pendekatan ini memberikan ruang bagi peserta didik untuk merancang, menguji, serta merevisi solusi nyata secara iteratif, yang sangat relevan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis terutama pada materi energi terbarukan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi model PjBL-STEM dengan *design thinking* dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran energi terbarukan. Penelitian ini juga mengeksplorasi bagaimana pengaruh penerapan PjBL-STEM dengan DT terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi energi terbarukan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan dilaksanakan pada semester genap di sebuah SMA swasta yang berlokasi di Kota Tangerang Selatan. Desain penelitian yang digunakan adalah *Quasi Experimental Design* dengan jenis desain *Nonequivalent Control Group Design*, kedua kelompok yang terlibat, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, tidak dipilih secara acak (Sugiyono, 2019). Menurut Sugiyono (2019), desain

penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain penelitian

$O_1$  dan  $O_3$  merupakan skor *pre-test* yang diperoleh sebelum kelompok diberikan perlakuan untuk mengukur kemampuan awal berpikir kritis peserta didik  $O_2$  merupakan skor *post-test* kelompok eksperimen diberikan perlakuan berupa model pembelajaran PjBL-STEM dengan pendekatan DT.  $O_4$  merupakan skor *post-test* kelompok kontrol tetap menggunakan model pembelajaran PBL tanpa perlakuan khusus. Variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model Pembelajaran *Project Based Learning* terintegrasi *Science, Tecnology, Engineering, Mathematic* (PjBL-STEM) dengan pendekatan *Design Thinking* (DT), sedangkan variabel dependen yang diteliti adalah kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi energi terbarukan.

Populasi pada penelitian ini adalah peserta didik kelas X yang berjumlah 258 peserta didik. Teknik sampel yang akan digunakan oleh peneliti yaitu teknik *nonprobability sampling*. Teknik *nonprobability sampling* adalah teknik yang tidak memberi peluang atau kesempatan yang sama bagi semua anggota populasi untuk dipilih menjadi sampel (Hikmawati, 2020). Teknik *nonprobability sampling* yang dipilih oleh peneliti yaitu *purposive sampling*. Subjek penelitian yang terlibat dalam penelitian ini adalah berjumlah 32 orang sebagai kelompok kontrol dan berjumlah 37 orang sebagai kelompok eksperimen.

Penelitian ini terbagi menjadi dua tahap, tahap pertama sebelum pembelajaran dimulai, kedua kelompok diberikan *pre-test* untuk mengukur kemampuan awal berpikir kritis. Kelompok eksperimen mendapatkan perlakuan dengan pembelajaran PjBL-STEM dengan DT melalui beberapa tahapan, yaitu: *Reflection* (mengidentifikasi masalah krisis energi melalui proses *empathize* dan *define*), *Research* (mengumpulkan informasi dan merancang ide melalui *ideate* dan *discovery*), *Application* (membuat *prototype* alat peraga dan melakukan

uji coba), *Redesain* (memperbaiki alat berdasarkan hasil evaluasi pada tahap *test*), dan *Communication* (memaparkan proses dan hasil proyek). Sementara itu, kelompok kontrol mengikuti pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) dimulai dari orientasi masalah energi non-terbarukan, diskusi kelompok, pembuatan dan presentasi poster, hingga evaluasi dan refleksi. Setelah proses pembelajaran selesai, *post-test* diberikan kepada kedua kelompok untuk mengukur kemampuan akhir berpikir kritis.

Instrumen tes kemampuan berpikir kritis dalam penelitian ini berupa tes esai sebanyak sembilan item, berdasarkan aspek berpikir kritis menurut Tiruneh. Aspek tersebut meliputi penalaran (*reasoning*), pengujian hipotesis (*hypothesis testing*), analisis argumen (*argument analysis*), analisis kemungkinan dan ketidakpastian (*likelihood and uncertainty analysis*), serta pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (*problem solving and decision making*) (Tiruneh et al., 2017).

Tabel 1. Kisi-kisi instrumen

Indikator	Deskripsi	Nomor Soal
Pemikiran/ <i>Reasoning</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengevaluasi validitas data</li> <li>2. Mengidentifikasi kesalahan dari pengukuran</li> <li>3. Menginterpretasi hasil eksperimen</li> <li>4. Mendeteksi ambiguitas dan penyalahgunaan definisi.</li> </ol>	1,2
Pengujian hipotesis <i>/Hypothesis testing</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menginterpretasikan hubungan antara variabel.</li> <li>2. Menggali informasi lebih lanjut untuk membuat kesimpulan</li> <li>3. Mengidentifikasi penyebab suatu peristiwa.</li> <li>4. Menarik kesimpulan yang valid dari informasi tabel atau grafik yang diberikan.</li> <li>5. Memeriksa ukuran sampel yang memadai dan kemungkinan bias keteki generalisasi dibuat.</li> </ol>	3,4
Analisis argumen <i>/Argument analysis</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengidentifikasi pikiran pokok dari suatu argumen.</li> <li>2. Mengkritisi validitas generalisasi dalam sebuah eksperimen.</li> <li>3. Menilai kredibilitas sumber informasi.</li> <li>4. Menyimpulkan pernyataan yang benar dari kumpulan data yang diberikan.</li> <li>5. Mengidentifikasi informasi yang kurang dalam sebuah argumen.</li> </ol>	6
Analisis kemungkinan dan ketidakpastian <i>/Likelihood and uncertainty analysis</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memprediksi kemungkinan kejadian.</li> <li>2. Menggunakan penilaian probabilitas untuk membuat keputusan.</li> <li>3. Menghitung nilai yang diharapkan dalam situasi dengan probabilitas yang diketahui.</li> <li>4. Memahami kebutuhan akan informasi tambahan dalam mengambil keputusan.</li> <li>5. Mengidentifikasi asumsi</li> </ol>	7,8
Pemecahan masalah dan pengambilan keputusan <i>/Problem solving and decision making</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengidentifikasi solusi alternatif dalam memecahkan masalah</li> <li>2. Memeriksa relevansi prosedur dalam memecahkan masalah ilmiah</li> <li>3. Mengenali ciri masalah dan merencanakan solusi yang sesuai</li> <li>4. Mengevaluasi solusi untuk masalah dan membuat keputusan berdasarkan bukti</li> </ol>	9,10

Instrumen divalidasi oleh empat pakar untuk memastikan validitas konstruk, materi, dan bahasa. Hasil validasi dari penilaian para ahli diolah menggunakan *content validity index* (CVI), yang dihitung dari rata-rata nilai *content validity ratio* (CVR) (Suwarna, 2016) menunjukkan bahwa aspek bahasa memperoleh nilai CVI sebesar 0,90, aspek

materi sebesar 0,71, dan aspek konstruk sebesar 0,90. Berdasarkan hasil tersebut, instrumen dapat dikategorikan sangat valid. Masukan dari pakar telah diperbaiki, sehingga instrumen dinyatakan layak. Uji coba juga dilakukan pada 43 subjek penelitian dengan teknik *Pearson Product Moment*, dan sembilan item dinyatakan valid.

Tabel 2. Hasil uji validitas

Indikator	Item	<i>Pearson Correlation</i>	Sig.	Keputusan	Interprestasi
Penalaran / <i>Reasoning</i>	1	0,464	0,002	Valid	Cukup
	2	0,491	0,001	Valid	Cukup
Pengujian hipotesis / <i>Hypothesis testing</i>	3	0,452	0,002	Valid	Cukup
	4	0,523	0,000	Valid	Cukup
Analisis argumen / <i>Argument analysis</i>	5	0,142	0,362	Tidak Valid	Sangat Rendah
	6	0,429	0,004	Valid	Cukup
Analisis kemungkinan dan ketidakpastian / <i>Likelihood and uncertainty analysis</i>	7	0,482	0,001	Valid	Cukup
	8	0,509	0,000	Valid	Cukup
Pemecahan masalah dan pengambilan keputusan / <i>Problem solving and decision making</i>	9	0,408	0,007	Valid	Cukup
	10	0,421	0,005	Valid	Cukup

Uji reliabilitas menghasilkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,717, yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat reliabilitas yang diterima. Karena penilaian bersifat subjektif, digunakan uji antar-rater *Cohen's Kappa* untuk memastikan konsistensi penilaian. Dua penilai dilibatkan untuk menguji aturan penilaian instrumen berpikir kritis terhadap 43 peserta didik secara independen (Iskandar et al., 2022). Salah satu penilai merupakan pihak eksternal yang tidak terlibat langsung dalam penelitian, sedangkan penilai lainnya adalah peneliti utama. Berdasarkan hasil *cross-tabulation* dari kedua penilai. Hasil pengukuran menunjukkan nilai *Kappa* berkisar antara 0,929 hingga 1,00, termasuk kategori *almost perfect agreement*. Hanya Item nomor 6 yang memperoleh nilai 0,606, tergolong *moderate agreement*. Secara keseluruhan, instrumen tes berpikir kritis dapat dikategorikan valid dan reliabel (Landis & Koch, 1977).

Analisis statistik deskriptif digunakan untuk mengetahui ukuran pemusatan dan penyebaran data, yang mencakup perhitungan nilai mean, median, simpangan baku, dan rentang interkuartil. Uji normalitas Shapiro-

Wilk diterapkan karena jumlah sampel kurang dari 50, untuk menilai apakah data hasil tes berpikir kritis berdistribusi normal. Selanjutnya, Uji non-parametrik Mann-Whitney U digunakan untuk mengetahui perbedaan signifikan hasil *pre-test* antara kelompok eksperimen dan kontrol tidak normal. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah kedua kelompok memiliki pengetahuan awal yang sama atau tidak. Untuk hasil *post-test*, digunakan uji *independent samples test*, karena data *post-test* berdistribusi normal dan variansnya homogen. Selain itu, uji *effect size* digunakan untuk mengukur besarnya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, sedangkan uji N-gain dilakukan untuk melihat tingkat peningkatan skor berpikir kritis pada masing-masing kelompok.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini menyelidiki pengaruh pembelajaran PjBL-STEM dengan DT terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi Energi Terbarukan. Data yang dikumpulkan meliputi hasil *pre-test* dan *post-test* dari kelompok kontrol dan eksperimen. Skor *pre-test* mengenai kemampuan berpikir kritis

peserta didik sebelum diberi perlakuan, baik di kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen, dapat disajikan dalam Tabel 3.

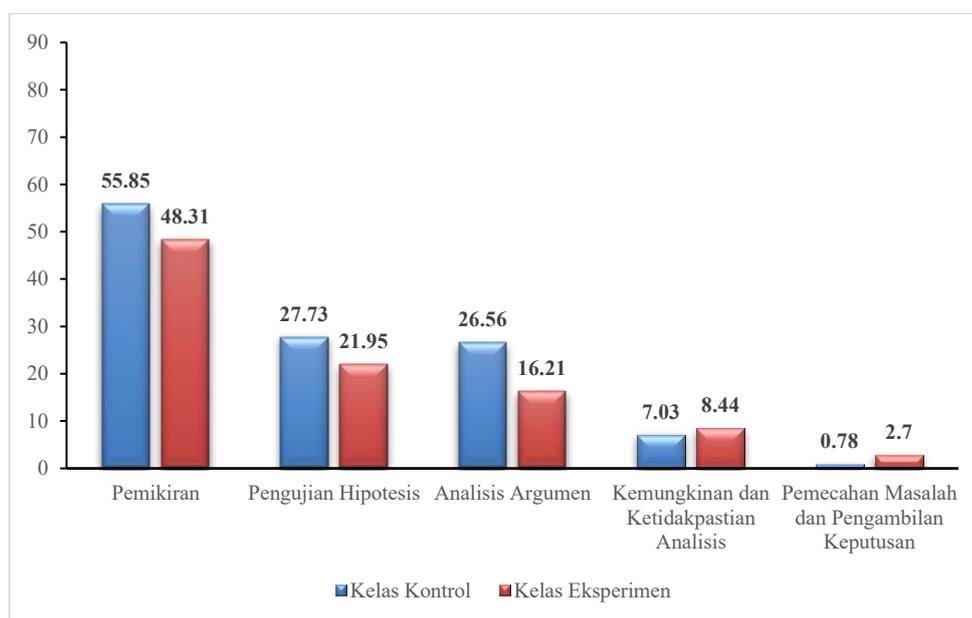
Tabel 3. Hasil uji statistik deskriptif skor *pretest*

Data	Kelompok Kontrol	Kelompok Eksperimen
N	32	37
Max	66,67	41,67
Min	0,00	5,56
Mean	23,43	19,74
Median	20,83	19,44
St. Dev	9,98	15,72

Tabel 3 menunjukkan skor kemampuan berpikir kritis kelompok kontrol (Maks = 66,67; Min = 0,00) memiliki rentang skor yang lebih tinggi, sehingga kemampuan berpikir kritis peserta didik di kelompok kontrol cenderung lebih meningkat dibandingkan dengan kelompok eksperimen (Maks = 41,67; Min = 5,56). Nilai rata-rata berpikir kritis kelompok eksperimen ( $M = 19,74$ ;  $sd = 15,72$ ) lebih rendah daripada kelompok kontrol ( $M = 23,43$ ;  $sd = 9,98$ ). Hasil

menunjukkan skor berpikir kritis pada kelompok eksperimen dan kontrol tergolong rendah.

Hasil evaluasi awal mengenai kemampuan berpikir kritis peserta didik berdasarkan Lima indikator sebelum diberi perlakuan. Skor kemampuan berpikir kritis antara kelompok eksperimen dan kontrol dibandingkan berdasarkan indikator, dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil skor rata-rata *pre-test*

Gambar 2 menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki tingkat skor yang tergolong rendah. Dua dari lima indikator menunjukkan nilai rata-rata yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen dibandingkan dengan kelompok kontrol. Kedua indikator tersebut adalah kemungkinan dan ketidakpastian analisis (kelompok eksperimen 8,44; kelompok kontrol

7,03) dan pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (kelompok eksperimen 0,78; kelompok kontrol 2,70). Sementara itu tiga dari lima indikator menunjukkan nilai rata-rata yang lebih tinggi pada kelompok kontrol dibandingkan dengan kelompok eksperimen. Ketiga indikator tersebut adalah pemikiran (kelompok eksperimen 48,31; kelompok kontrol 55,85), pengujian

hipotesis (kelompok eksperimen = 21,95; kelompok kontrol = 27,73) dan analisis argumen (kelompok eksperimen = 26,56; kelompok kontrol = 16,21). Skor rata-rata untuk kelompok kontrol adalah 23,59, sementara untuk kelompok eksperimen adalah 19,52.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara skor

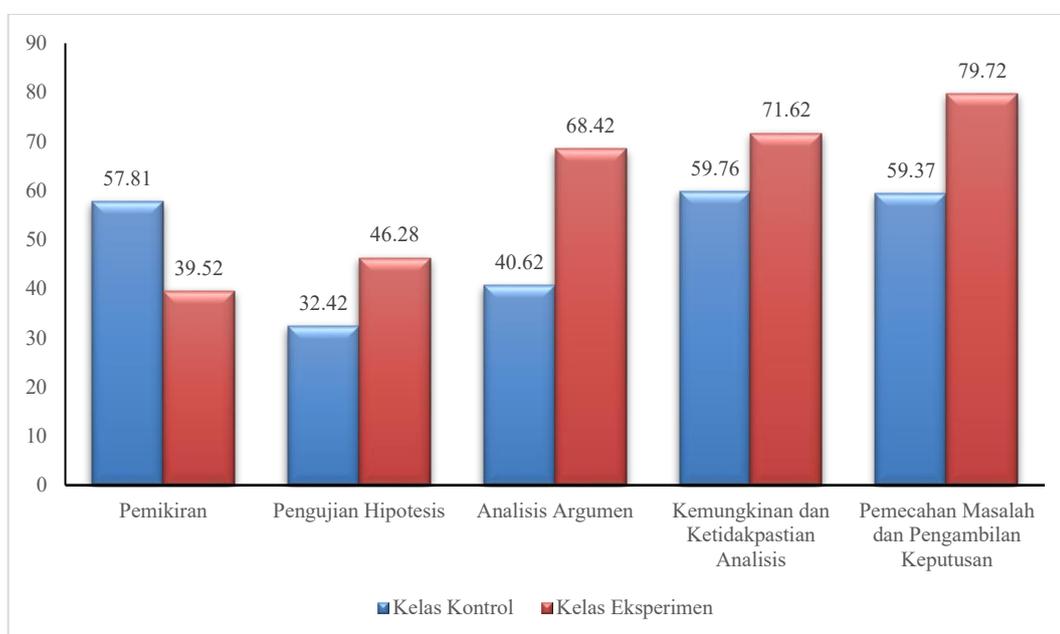
peserta didik dalam kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Dengan kata lain, kedua kelompok memiliki tingkat kemampuan awal yang serupa. Tabel 4 menunjukkan skor *post-test* kemampuan berpikir kritis dari kelompok kontrol dan kelompok eksperimen setelah diberi perlakuan.

Tabel 4. Hasil uji statistik deskriptif skor *post-test*

Data	Kelompok Kontrol	Kelompok Eksperimen
N	32	37
Max	80,56	91,67
Min	2,78	19,44
Mean	51,56	59,98
Median	55,56	58,33
St. Dev	18,83	17,42

Tabel 4 menunjukkan skor kemampuan berpikir kritis kelompok eksperimen (Maks = 91,67; Min = 19,44) menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan dengan peserta didik di kelompok kontrol (Maks = 80,56; Min = 2,78). Nilai rata-rata berpikir kritis kelompok eksperimen ( $M = 59,98$ ;  $sd = 17,42$ ) dan kelompok kontrol ( $M =$

$51,56$ ;  $sd = 18,83$ ). Hasil menunjukkan bahwa skor berpikir kritis pada kelompok eksperimen meningkat setelah diberikan perlakuan. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan adanya pengaruh pembelajaran PjBL-STEM dengan DT terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik.



Gambar 3. Hasil skor rata-rata *post-test*

Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan skor pada lima indikator berpikir kritis antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen setelah diberikan perlakuan. Empat dari lima indikator menunjukkan nilai rata-rata yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen

dibandingkan dengan kelompok kontrol. Keempat indikator tersebut adalah pengujian hipotesis (kelompok eksperimen 46,28; kelompok kontrol 32,42), analisis argumen (kelompok eksperimen 68,42; kelompok kontrol 40,62), kemungkinan dan ketidakpastian analisis

(kelompok eksperimen 71,62; kelompok kontrol 59,76), dan pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (kelompok eksperimen 79,72; kelompok kontrol 59,37). Sementara itu, satu indikator lainnya yaitu pemikiran (kelompok eksperimen 39,52; kelompok kontrol 57,81) menunjukkan adanya perbedaan skor yang beragam. Dengan demikian, pembelajaran PjBL-STEM dengan DT memberikan pengaruh

terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik, sebagaimana ditunjukkan oleh skor kelompok eksperimen yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Sebelum Uji *statistic inferensial* (uji hipotesis) perlu dilakukan uji Normalitas untuk mengetahui apakah data kita terdistribusi normal atau tidak. Hasil uji normalitas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji normalitas

Tes	Kelompok	Sig.	Uji Shapiro-Wilk	Keputusan
<i>Pre-test</i>	Eksperimen	0,031	Sig. < 0,05 = $H_0$ ditolak	Data Tidak Normal
	Kontrol	0,028		
<i>Post-test</i>	Eksperimen	0,783	Sig. > 0,05 = $H_0$ diterima	Data Normal
	Kontrol	0,150		

Berdasarkan Tabel 5, hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data *pre-test* untuk kelompok eksperimen dan kontrol tidak berdistribusi normal (Sig. < 0,05). Lalu data *post-test* untuk kelompok eksperimen dan kontrol berdistribusi normal (Sig. > 0,05). Uji

homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data dari kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memiliki tingkat kesamaan (homogen) atau tidak. Hasil uji homogenitas disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji homogenitas

Kemampuan Berpikir Kritis	Sig.	Uji ANOVA	Keputusan
<i>Based on mean</i>	0,880	Sig. $\geq$ 0.05 = $H_0$ diterima	Data Homogen
<i>Based on median</i>	0,985		

Berdasarkan Tabel 6, nilai signifikansi sebesar  $0,880 \geq 0,05$  menunjukkan bahwa varians data *post-test* dan *pre-test* antara kelompok eksperimen dan kontrol bersifat homogen. Hasil uji prasyarat statistik menunjukkan bahwa data *pre-test* pada kedua kelompok berdistribusi tidak normal namun homogen, sedangkan data *post-test* berdistribusi normal dan homogen. Oleh karena itu, untuk menguji hipotesis, digunakan

uji Mann Whitney U pada data *pre-test* untuk mengetahui apakah kedua kelompok memiliki pengetahuan awal yang sama atau tidak, sedangkan uji *Independent Samples Test* digunakan pada data *post-test* untuk melihat perbedaan skor antara kedua kelompok. Hasil pengujian hipotesis pada kedua tahap tersebut disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji hipotesis

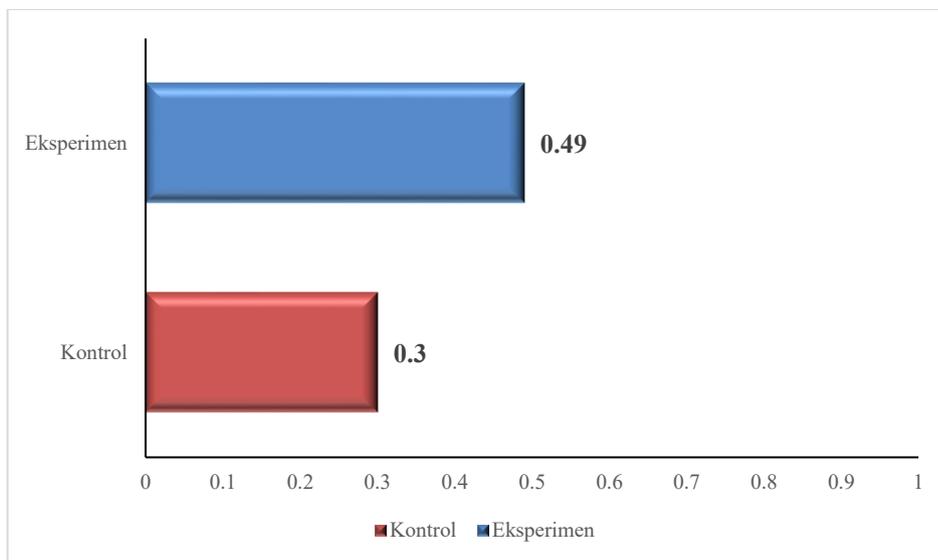
Uji Hipotesis	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
	(Uji Mann Whitney U)	(Uji <i>Independent Samples Test</i> )
Sig. (2-tailed)	0,42	0,03
Sig.	Sig. > 0,05	Sig. < 0,05
Keputusan	$H_0$ diterima	$H_0$ ditolak

Berdasarkan Tabel 7 hasil analisis *pre-test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,42 (Sig. > 0,05), yang berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara skor rata-rata kelompok kontrol dan eksperimen sebelum

perlakuan. Sebaliknya, hasil *posttest* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 (Sig. < 0,05), mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok setelah perlakuan. Dengan demikian,

dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang diberikan kepada kelompok eksperimen

berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis.



Gambar 4. Hasil rata-rata nilai N-gain

Gambar 4. menunjukkan rata-rata nilai N-gain pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Pada kelompok eksperimen, kemampuan berpikir kritis peserta didik mengalami peningkatan dengan nilai N-gain sebesar 0,5, yang termasuk dalam kategori sedang. Sementara itu, pada kelompok kontrol, peningkatan kemampuan berpikir kritis hanya mencapai N-gain sebesar 0,3, yang tergolong dalam kategori rendah. Dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa peserta didik yang mengikuti pembelajaran dengan PjBL-STEM dengan DT mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis yang lebih signifikan dibandingkan dengan peserta didik yang belajar melalui model PBL.

Analisis dilakukan dengan mengamati lembar jawaban peserta didik, khususnya pada indikator pengujian hipotesis yang mencakup kemampuan menginterpretasikan hubungan antar variabel, menggali informasi, serta menarik kesimpulan dari data dalam tabel atau grafik. Hasil menunjukkan bahwa peserta didik di kelompok eksperimen mampu mengaitkan data secara logis dan menarik kesimpulan yang tepat, sedangkan kelompok kontrol cenderung hanya membaca data tanpa analisis mendalam, bahkan beberapa tidak dapat mengidentifikasi hubungan antar variabel. Contoh jawaban kedua kelompok disajikan pada Lampiran 1.

Indikator analisis argumen dinilai dari kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi ide utama, menilai ketepatan

kesimpulan eksperimen, dan mengevaluasi kredibilitas sumber informasi. Peserta didik juga harus dapat menyimpulkan fakta yang benar serta mengenali kekurangan informasi dalam argumen. Hasil menunjukkan bahwa kelas eksperimen lebih mampu menemukan ide pokok, menarik kesimpulan berdasarkan data, serta memberikan alasan logis dan menyadari kekurangan argumen. Sementara itu, kelas kontrol cenderung hanya menyebutkan hasil tanpa analisis mendalam, dan beberapa tidak mampu menilai kebenaran atau kelengkapan argumen. Contoh jawaban kedua kelompok ditampilkan pada Lampiran 2.

Indikator kemungkinan dan ketidakpastian analisis dinilai dari kemampuan peserta didik dalam memprediksi suatu kejadian, menggunakan probabilitas untuk mengambil keputusan, serta menghitung nilai yang diharapkan dalam situasi dengan probabilitas tertentu. Peserta didik di kelompok eksperimen lebih mampu membuat prediksi dan keputusan berdasarkan data, sedangkan kelompok kontrol cenderung memberikan jawaban umum tanpa mempertimbangkan kemungkinan yang ada. Contoh jawaban kedua kelompok ditampilkan dalam Lampiran 3.

Indikator pemecahan masalah dan pengambilan keputusan dinilai dari kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi solusi alternatif, mengenali karakteristik masalah, serta merencanakan dan mengevaluasi berbagai solusi berdasarkan bukti yang tersedia. Peserta didik di

kelompok eksperimen lebih mampu mengevaluasi pilihan secara logis dengan mempertimbangkan efisiensi dan hasil energi, sementara kelompok kontrol cenderung memilih tanpa penjelasan yang jelas dan menunjukkan proses analisis yang minim. Contoh jawaban kedua kelompok ditampilkan dalam Lampiran 4.

Analisis jawaban juga dilakukan pada indikator yang menunjukkan hasil kelompok eksperimen lebih rendah dari kelompok kontrol. Pada indikator penalaran siswa diminta untuk mengevaluasi validitas dan menginterpretasikan hasil pengukuran

Beberapa contoh jawaban siswa pada indikator penalaran: Siswa E37 menjawab “Semakin tinggi ketinggian, maka semakin besar juga tegangan dan arus listrik yang dihasilkan.” Siswa C20 menjawab “Berdasarkan tabel, dapat disimpulkan bahwa hubungan antara ketinggian sumber air dengan tegangan dan arus listrik adalah positif, artinya semakin tinggi sumber air semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan.” Berikut ini adalah hasil pekerjaan peserta didik yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Hasil pekerjaan kelompok eksperimen



Gambar 6. Hasil pekerjaan kelompok kontrol

Gambar 5 menunjukkan hasil kerja peserta didik di kelompok eksperimen dengan pembelajaran PjBL-STEM berbasis DT, sedangkan Gambar 6 berasal dari kelompok kontrol dengan metode *problem based learning*. Untuk mengetahui peningkatan yang signifikan, dilakukan uji *effect size* menggunakan Cohen's d. Hasilnya, kelompok eksperimen memperoleh nilai  $r = 0,5$  yang termasuk dalam kategori sedang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran PjBL-STEM yang menggunakan pendekatan DT berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik, meskipun tingkat *effect size* masih berada pada  $r = 0,5$  dengan kategori sedang. Hasil ini sejalan dengan temuan studi sebelumnya seperti yang dilaporkan oleh Nguyễn et al. (2025) bahwa integrasi pemikiran desain ke dalam pendidikan STEM tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir kritis tetapi juga kemampuan untuk menerapkan pengetahuan STEM dalam praktik (Nguyễn et al., 2025). Penelitian yang dilakukan oleh Sari et al. (2020) menambahkan bahwa kegiatan merancang dalam pembelajaran dapat menghasilkan berbagai desain eksperimen yang inovatif, kemampuan ini diukur melalui pemberian *pre-test* dan *post-test* (Sari et al., 2020).

Studi ini menunjukkan bahwa PjBL-STEM dengan DT merupakan metode pembelajaran yang efektif dalam mendorong peserta didik untuk berpikir kritis dan kreatif, terutama saat mereka merancang serta melaksanakan eksperimen. Meskipun demikian, kemampuan berpikir kritis secara keseluruhan masih tergolong rendah. Penelitian Muna & Linuwih (2024) menemukan bahwa rata-rata kemampuan berpikir kritis peserta didik berada pada kategori rendah dengan persentase pencapaian 55,41% (Muna & Linuwih, 2024). Sementara itu, Arini & Juliadi (2018) melaporkan capaian serupa sebesar 35,91% pada mata pelajaran fisika, topik vektor (Arini & Juliadi, 2018).

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa dari lima indikator berpikir kritis, empat indikator pada kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Indikator yang menunjukkan peningkatan signifikan adalah: pengujian hipotesis, analisis argumen, kemungkinan dan ketidakpastian, serta pemecahan masalah dan pengambilan keputusan. Hal ini sejalan dengan penelitian

Sumardiana et al. (2019) yang menemukan peningkatan signifikan pada lima indikator berpikir kritis setelah diterapkannya model PjBL, khususnya pada indikator pemecahan masalah dan pengambilan keputusan. Peningkatan ini terjadi karena keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembuatan proyek yang menuntut mereka menyelesaikan persoalan nyata secara langsung (Sumardiana et al., 2019). Dalam pembelajaran dengan STEAM, peserta didik didorong untuk menggabungkan berbagai bidang ilmu dan menerapkannya dalam konteks nyata. Melalui pendekatan ini, peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir logis dan menyelesaikan masalah secara kritis, sebagaimana yang diungkapkan oleh (Rochman et al., 2019).

Kemampuan awal peserta didik yang diukur melalui *pre-test* menunjukkan rata-rata skor berpikir kritis peserta didik kelompok eksperimen sebesar 19,52% dan kelompok kontrol 23,59% dari skor maksimum 100. Peningkatan tertinggi pada kelompok eksperimen terjadi pada indikator kemungkinan dan ketidakpastian, serta pemecahan masalah dan pengambilan keputusan. Hal ini disebabkan oleh tahap *prototype* dan *test* dalam *design thinking* yang melatih peserta didik dalam menguji solusi, menganalisis risiko, dan merevisi desain berdasarkan hasil eksperimen (Pratomo et al., 2021). Namun, indikator analisis argumen pada kelompok eksperimen lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol, kemungkinan karena fokus pembelajaran dengan proyek lebih pada aplikasi praktis dibandingkan penalaran teoritis (Devi et al., 2018).

Kemampuan akhir berpikir kritis peserta didik menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok kontrol dan eksperimen. Rata-rata skor posttest kelompok eksperimen sebesar 59,98, sedangkan kelompok kontrol 51,56, dengan selisih 8,42 poin. Meskipun demikian, skor tersebut masih tergolong rendah. Hal ini diperkuat oleh penelitian Priyadi et al. (2018) yang menyatakan bahwa berpikir kritis peserta didik masih rendah akibat perubahan sistem pembelajaran daring yang menyebabkan kurangnya perhatian guru terhadap keterampilan berpikir. Rendahnya kemampuan berpikir kritis disebabkan oleh kesulitan peserta didik dalam menyelesaikan masalah, mengidentifikasi persamaan yang tepat, serta menghubungkan hasil perhitungan dengan fenomena nyata. (Priyadi et al., 2018).

Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis N-Gain untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,49, yang termasuk dalam kategori sedang, sedangkan nilai N-Gain kelompok kontrol sebesar 0,30, yang tergolong dalam kategori rendah. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa model pembelajaran PjBL-STEM dengan DT lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dibandingkan pembelajaran PBL.

Pembelajaran PjBL-STEM dengan pendekatan DT melibatkan peserta didik untuk menganalisis informasi, berpikir logis, dan mengambil keputusan berdasarkan bukti. Melalui model ini, peserta didik berinteraksi langsung dengan materi pembelajaran sehingga pemahaman konseptual mereka meningkat. Hal ini didukung oleh penelitian Aulia et al. (2024) yang menyatakan bahwa media interaktif mendorong keterlibatan dan membentuk pemahaman mendalam (Aulia et al., 2024). Sebaliknya, pada kelompok kontrol yang menggunakan model PBL, peningkatan kemampuan berpikir kritis masih minim karena model pembelajaran yang monoton dan berpusat pada guru. Temuan ini sejalan dengan penelitian Handayani & Zen (2025) yang menyatakan bahwa peserta didik membutuhkan model pembelajaran yang tepat dan inovatif seperti pembelajaran dengan *design thinking* (Handayani & Zen, 2025).

Hasil uji hipotesis statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara kemampuan awal peserta didik di kedua kelompok (Sig. = 0,42 > 0,05), namun setelah perlakuan terdapat perbedaan signifikan (Sig. = 0,03 < 0,05), yang menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh terhadap hasil. Nilai *effect size* sebesar  $r = 0,5$  tergolong sedang, menandakan pendekatan ini cukup efektif untuk mendorong pemikiran analitis dan reflektif.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu jumlah subjek penelitian yang terbatas pada jenjang sekolah menengah atas dan kurangnya pendekatan kualitatif untuk mendalami proses berpikir kritis peserta didik. Berdasarkan hasil temuan ini, disarankan agar model PjBL-STEM dengan pendekatan DT diterapkan lebih luas dalam pembelajaran di sekolah. Pendekatan ini terbukti tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir kritis, tetapi juga mendorong kolaborasi, kreativitas,

dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Selain itu, penerapan ini diharapkan memperkaya literatur pembelajaran inovatif di Indonesia yang masih terbatas dalam mengadopsi integrasi DT dalam pendidikan STEM.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, model pembelajaran PjBL-STEM dengan DT berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi energi terbarukan, yang dibuktikan melalui uji *independent samples test* (sig. = 0,03 < 0,05) dan *effect size* sebesar 0,5 (kategori sedang). Peningkatan kemampuan berpikir kritis di kelompok eksperimen juga lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, ditunjukkan oleh nilai N-gain sebesar 0,5 (kategori sedang) dan 0,3 (kategori rendah). Model ini mendorong peserta didik berpikir kritis melalui kegiatan merancang dan menguji solusi nyata, menjadikan pembelajaran lebih kontekstual dan bermakna. Oleh karena itu, pendekatan ini dapat menjadi strategi efektif dan perlu dikaji lebih lanjut dalam pembelajaran fisika.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arini, W., & Juliadi, F. (2018). Analisis kemampuan berfikir kritis pada mata pelajaran fisika untuk pokok bahasan kelistrikan dan penerapannya dalam kehidupan. *Berkala Fisika Indonesia*, 10(1), 1–11. <http://journal.uad.ac.id/index.php/BFI/article/download/9485/4577>
- Asyisyifa, D. S., Jumadi, Wilujeng, I., & Kuswanto, H. (2019). Analysis of students critical thinking skills using Partial Credit Models (PCM) in physics learning. *International Journal of Educational Research Review*, 4(2), 245–253. <https://doi.org/10.24331/ijere.518068>
- Aulia, H., Hafeez, M., Mashwani, H. U., Careemdeen, J. D., Mirzapour, M., & Syaharuddin. (2024). The Role of Interactive Learning Media in Enhancing Student Engagement and Academic Achievement. *International Seminar on Student Research in Education, Science, and Technology*, 1(April), 57–67. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/issr>

- estec
- Cynthia, R. E., & Sihotang, H. (2023). Melangkah Bersama di Era Digital : Pentingnya Literasi Digital untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7, 31712–31723.
- Devi, N. D. C., Susanti VH, E., & Indriyanti, N. Y. (2018). Analysis of high school students' argumentation ability in the topic of buffer solution. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 3(3), 141. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v3i3.23308>
- Handayani, L., & Zen, E. F. (2025). Penggunaan design thinking dalam mengatasi kebosanan peserta didik di kelas. 3(2). <https://doi.org/10.17977/um084v3i22025p333-339>
- Hasibuan, M. P., Sari, R. P., Syahputra, R. A., & Nahadi, N. (2022). Application of integrated project-based and STEM-based e-learning tools to improve students' creative thinking and self-regulation skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(1), 51–56. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i1.1050>
- Hikmawati, F. (2020). *Metodologi penelitian*. Rajawali Pers.
- Iskandar, Jaya, A., Warti, R., & Zain. (2022). *Statistik pendidikan: Teori dan aplikasi SPSS*. Penerbit NEM. <https://books.google.co.id/books?id=YW9mEAAAQBAJ>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <http://www.jstor.org/stable/2529310>
- Lestari, R. V. A., & Hindun. (2023). Penerapan 4C (Communication , Collaboration , Critical Thinking , Creativity) pada kurikulum merdeka di tingkat sma pendahuluan di era globalisasi ini , keterampilan 4C (Communication , Collaboration , Critical Thinking , Creativity) sangat diperlukan. *Journal of Indonesian Language Research*, 3(2), 15–26.
- Mahanal, S., & Zubaidah, S. (2017). Model pembelajaran rcosre yang berpikir kreatif. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 2(2007), 676–685. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/article/view/9180/4435>
- Mardiyah, F. H., Muzakki, N. A., & Supriatno, B. (2025). Inovasi pendekatan pembelajaran kontekstual melalui google site terhadap kemampuan berpikir kritis pada materi perubahan iklim (*Innovation of Contextual Learning Approaches Through The Google Site on Critical Thinking Ability On Climate Change Materials . 11*, 104–109.
- Muna, N., & Linuwih, S. (2024). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa menggunakan two-tier multiple choice test berbasis hots pada materi termodinamika. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 35, 307–318. <https://proceeding.unnes.ac.id/psnk/article/view/3099>
- Naf'atuzzahrah, N., Taufik, M., Gunawan, G., & Sahidu, H. (2022). Pengembangan perangkat pembelajaran model learning cycle 5E untuk meningkatkan penguasaan konsep fisika peserta didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 8(SpecialIssue), 23–30. <https://doi.org/10.29303/jpft.v8ispecialissue.3393>
- Nguyê, L. C., Hoa, H. Q., & Hien, L. H. P. (2025). Integrating design thinking into stem education: enhancing problem-solving skills of high school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(4), 1–11. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16084>
- Pratomo, L. C., Siswandari, & Wardani, D. K. (2021). The effectiveness of design thinking in improving student creativity skills and entrepreneurial alertness. *International Journal of Instruction*, 14(4), 695–712. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14440a>
- Priyadi, R., Mustajab, A., Tatsar, M. Z., & Kusairi, S. (2018). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa SMA Kelas X MIPA dalam pembelajaran fisika. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 6(1), 53. <https://doi.org/10.22487/j25805924.2018.v6.i1.10020>
- Purwaningsih, E., Sari, A. M., Yuliati, L., Masjkur, K., Kurniawan, B. R., & Zahiri, M. A. (2020). Improving the problem-solving skills through the development of teaching materials with STEM-PjBL

- (science, technology, engineering, and mathematics-project based learning) model integrated with TPACK (technological pedagogical content knowledge). *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012133>
- Ramadayanti, N., Muderawan, I. W., & Tika, I. N. (2017). Pengaruh model pembelajaran berbasis proyek terhadap keterampilan berpikir kritis dan prestasi belajar siswa. *Prosiding Seminar Nasional MIPA*, 3(2), 194–204.
- Riti, Y. U. R., Degeng, I. N. S., & Sulton, S. (2021). Pengembangan model pembelajaran berbasis proyek dengan menerapkan metode design thinking untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam mata pelajaran kimia. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 6(10), 1581. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v6i10.15056>
- Rochman, C., Hermita, N., & Rokayah. (2019). The challenges of thematic learning in elementary schools for 21 st century and skills. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Guru Sekolah Dasar Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau Pekanbaru*.
- Sari, S., Rohmah, S., Sobandi, O., & Nasrudin, D. (2020). Project based learning to develop student's creativities and characters in designing experiments. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042086>
- Satria, A. B. A., & Muntaha, A. A. (2022). Inovasi pendidikan abad 21: penerapan design thinking dan pembelajaran berbasis proyek dalam pendidikan Indonesia. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 9(2). <https://doi.org/10.20961/jpd.v9i2.59940>
- Shalihah, P. R. (2019). Peningkatan kemampuan berpikir kritis dan rasa ingin tahu melalui inkuiri terbimbing improving critical thinking skills and inquiry. *Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6, 521.
- Suastra, I. W., & Ristiati, N. P. (2019). Developing critical thinking, scientific attitude, and self-efficacy in students through project based learning and authentic assessment in science teaching at junior high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012087>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sumardiana, S., Hidayat, A., & Parno, P. (2019). Kemampuan berpikir kritis pada model project based learning disertai stem siswa sma pada suhu dan kalor. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 4(7), 874. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v4i7.12618>
- Sundari, P. D., & Sarkity, D. (2021). Keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada materi suhu dan kalor dalam pembelajaran fisika. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(2), 149. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v4i2.11445>
- Suryadi, A., & Kurniati, E. (2021). *Teori dan Implementasi Pendidikan STEM*. Bayfa Cendekia Indonesia. <https://books.google.co.id/books?id=lq1VEAAAQBAJ>
- Susantini, E., Puspitawati, R. P., Raharjo, & Suaidah, H. L. (2021). E-book of metacognitive learning strategies: design and implementation to activate student's self-regulation. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-021-00161-z>
- Suwarna, I. P. (2016). *Laporan penelitian pengembangan tata kelola kelembagaan "pengembangan instrumen ujian komprehensif mahasiswa melalui computer based test pada program studi pendidikan fisika*. Pusat Penelitian dan Pengembangan (PUSLITPEN) LP2M UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Syamsudin. (2020). Based learning dalam mengembangkan ELSE (Elementary School Education Journal). *Jurnal ELSE*, 4, 81–99.
- Syukria, M., Basri, M., Halim, A., & Maghfirah, S. (2025). *Improving students ability to evaluate and conclude through a scientific approach*. 3(1), 1–12.
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldeslassie, A. G., Elen, J., & Janssen, R. (2017). Measuring critical thinking in physics:

development and validation of a critical thinking test in electricity and magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 663–682.  
<https://doi.org/10.1007/s10763-016-9723-0>

#### PROFIL SINGKAT

**Windi Anggraini** adalah mahasiswa program studi Pendidikan Fisika, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta tahun 2021. Penulis dapat dihubungi melalui email: [windianggrn@gmail.com](mailto:windianggrn@gmail.com)

**Maya Shinta Saqila** adalah mahasiswa program studi Pendidikan Fisika, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta tahun 2021. Penulis dapat dihubungi melalui email: [maya.shintaaal1@gmail.com](mailto:maya.shintaaal1@gmail.com)

**Dr. Ahmad Suryadi, M.Pd.** adalah dosen aktif pada Program Studi Pendidikan Fisika, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Beliau menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) di bidang Pendidikan Fisika di Universitas Negeri Makassar pada tahun 2015, kemudian melanjutkan studi magister (S2) pada tahun 2020, dan program doktor (S3) pada tahun 2024 di Universitas Negeri Malang. Penulis dapat dihubungi melalui email: [ahmads@uinjkt.ac.id](mailto:ahmads@uinjkt.ac.id)

**Iwan Permana Suwarna, M.Pd.** adalah dosen aktif pada Program Studi Pendidikan Fisika, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Beliau menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) di bidang Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Indonesia pada tahun 2002, kemudian melanjutkan studi magister (S2) pada tahun 2005. Penulis dapat dihubungi melalui email: [iwan.permana.suwarna@uinjkt.ac.id](mailto:iwan.permana.suwarna@uinjkt.ac.id)