

Efektivitas Pembelajaran STEM Pada IOT Smart Proyek Hemat Energi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas

¹Supriati, ²Rahayu Kariadinata, ³Muhammad Minan Chusni

¹Tadris IPA, Pascasarjana, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Jawa Barat, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Jawa Barat, Indonesia

³Fakultas Pendidikan Sains, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Jawa Barat, Indonesia

¹email: 2259450013@student.uinsgd.ac.id, ²email: rahayu.kariadinata@uinsgd.ac.id,

³email: minan.chusni@uinsgd.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.70115/cahaya.v3i2.341>

Article Info	ABSTRACT
Article history Received : November 6, 2025 Accepted : Dec 29, 2025 Published : Dec 31, 2025	<i>This study aims to analyze the effectiveness of implementing STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) learning through an energy-saving Internet of Things (IoT) project in improving students' learning outcomes in Grade IX at MTsN 7 Cirebon. The research employed a pre-experimental design with a one group pretest-posttest design, involving 30 students as research participants. A multiple-choice test instrument was used to measure students' conceptual understanding before and after the learning intervention. Data were analyzed descriptively and through N-gain analysis to determine the learning effectiveness. The results showed that the students' average pretest score of 64.00 increased to 72.07 after the intervention. The mean N-gain score reached 20.24%, with a standard deviation of 17.21 and a score range from -25.00 to 46.43. According to Hake's gain criteria, this result falls into the low category, and based on the learning effectiveness criteria, it is categorized as "ineffective." A total of 40% of students were in the medium category, 46.7% in the low category, and 13.3% experienced decreased learning outcomes. Although the overall effectiveness is classified as low, the findings indicate that project-based STEM learning with IoT has the potential to enhance students' conceptual understanding and learning motivation. Further improvements in instructional strategies, more intensive guidance, and technology integration adapted to students' needs are recommended to achieve more optimal learning outcomes.</i>
Keywords STEM, IoT, Smart Energy Project, Learning Outcomes	
Corresponding Author STEM, IoT, Smart Energy Project, Learning Outcomes	
Corresponding Author Supriati Tadris IPA, Pascasarjana, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia *Email: 2259450013@student.uinsgd.ac.id	
	This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Copyright © 2025 Supriati, Rahayu Kariadinata, Muhammad Minan Chusni

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat pada era Revolusi Industri 4.0 menuntut adanya pembaruan paradigma dalam proses pembelajaran di sekolah (Aini et al., 2023; Ali et al., 2025; Vari & Bramastia, 2021). Pendidikan sains tidak lagi cukup hanya berfokus pada transfer pengetahuan, tetapi juga harus membekali peserta didik dengan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, dan literasi digital (Bybee, 2013; Johnson et al., 2020). Pendekatan pembelajaran yang dapat menjawab tantangan ini adalah pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), yang menekankan integrasi antardisiplin untuk menyelesaikan masalah nyata (Becker & Park, 2011; Wang et al., 2011; Sanders, 2009). Pembelajaran yang diberikan di sekolah menjadi pembelajaran yang lebih modern dengan keterampilan abad ke-21 yang berorientasi pemecahan masalah kontekstual.

Penerapan pembelajaran STEM di Indonesia mulai menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan hasil belajar, motivasi, serta literasi sains dan teknologi siswa (Ali et al., 2026; Sa'idah et al., 2022). Penelitian-penelitian sebelumnya melaporkan bahwa integrasi STEM membantu siswa mengaitkan konsep akademik dengan fenomena nyata dan mendorong pembelajaran yang lebih bermakna (Hidayat et al., 2022; Susanti & Pratama, 2021; Wahyuni et al., 2023). Selain itu, pembelajaran berbasis STEM juga mendukung pengembangan kompetensi berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*) yang sangat penting bagi peserta didik di jenjang menengah (Moore et al., 2014; Breiner et al., 2012).

Salah satu penerapan nyata STEM di sekolah adalah melalui integrasi teknologi Internet of Things (IoT). IoT memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung dan berinteraksi melalui internet, sehingga membuka peluang pembelajaran kontekstual, terutama pada topik-topik sains dan teknologi (Gubbi et al., 2013; Atzori et al., 2010). Dengan memanfaatkan IoT, siswa dapat belajar secara langsung melalui proyek berbasis permasalahan nyata, seperti hemat energi, pemantauan lingkungan, atau otomatisasi rumah tangga (Al-Fuqaha et al., 2015; Akbar et al., 2021).

Dalam konteks kelas IX madrasah, penerapan pembelajaran STEM berbasis IoT sangat relevan karena sesuai dengan karakteristik perkembangan kognitif remaja, yaitu kemampuan berpikir logis dan analitis yang mulai berkembang. Pendekatan ini dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam, meningkatkan hasil belajar, serta membentuk profil pelajar yang adaptif terhadap perkembangan teknologi (Bybee, 2013; Hake, 1999; Wahyuni et al., 2023). Selain itu, pembelajaran proyek hemat energi menggunakan IoT juga mendukung penguatan pendidikan karakter dan kesadaran lingkungan di madrasah (Pradana et al., 2021; Susanti & Pratama, 2021).

Meskipun demikian, penerapan pembelajaran STEM berbasis IoT pada jenjang MTs masih relatif terbatas. Banyak guru masih mengandalkan pembelajaran konvensional yang berpusat pada guru, sehingga kesempatan bagi siswa untuk belajar melalui proyek dan eksplorasi teknologi menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk mengukur efektivitas penerapan pembelajaran STEM dalam proyek IoT hemat energi terhadap hasil belajar siswa kelas IX MTsN 7 Cirebon.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain pre-eksperimen dengan model *one group pretest–posttest design*. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengukur perbedaan hasil belajar sebelum dan sesudah intervensi pembelajaran STEM berbasis proyek IoT hemat energi pada kelompok yang sama (Creswell, 2014; Sugiyono, 2018; Fraenkel & Wallen, 2009). Desain ini banyak digunakan dalam penelitian pendidikan untuk mengevaluasi efektivitas suatu intervensi dalam konteks pembelajaran nyata di kelas (Ary et al., 2010; Cohen et al., 2018).

Subjek penelitian adalah 30 siswa kelas IX MTsN 7 Cirebon tahun pelajaran 2025/2026. Pemilihan subjek menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan mempertimbangkan kesamaan karakteristik akademik dan ketersediaan fasilitas teknologi di madrasah. Instrumen penelitian berupa tes pilihan ganda untuk mengukur pemahaman konsep siswa sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) pembelajaran.

Proses pembelajaran dilaksanakan menggunakan pendekatan STEM berbasis proyek IoT hemat energi dalam empat pertemuan. Siswa diajak mengidentifikasi permasalahan energi di lingkungan sekitar, merancang solusi berbasis teknologi, membangun prototipe sederhana, dan melakukan presentasi hasil proyek. Pendekatan ini dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif siswa dalam *problem solving*, kolaborasi, dan penerapan pengetahuan lintas disiplin (Bybee, 2013; Moore et al., 2014; Sanders, 2009).

Analisis data dilakukan melalui statistik deskriptif (rata-rata, simpangan baku, nilai maksimum, minimum) untuk melihat perubahan hasil belajar siswa. Selain itu, dilakukan uji N-gain untuk mengukur tingkat efektivitas pembelajaran dengan rumus:

$$N_{\text{Gain}} = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Ideal} - \text{Skor Pretest}}$$

Kategori efektivitas N-gain mengacu pada kriteria yang dikemukakan oleh Hake (1999), di mana nilai N-gain $\geq 0,7$ termasuk kategori tinggi, $0,3 \leq \text{N-gain} < 0,7$ kategori sedang, dan N-gain $< 0,3$ kategori rendah. Penggunaan N-gain banyak digunakan dalam penelitian pembelajaran sains karena dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai efektivitas intervensi (Hake, 1999; Meltzer, 2002; Bao, 2006). Kriteria Gain Ternormalisasi dapat kita lihat pada Tabel berikut ini :

Tabel 1. Kriteria Gain Ternormalisasi

Nilai NGain	Interpretasi
$0,70 \leq g \leq 1,00$	Tinggi
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$0,00 \leq g < 0,30$	Rendah
$g = 0,00$	Tidak terjadi peningkatan
$-1,00 \leq g < 0,00$	Terjadi penurunan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Statistik Deskriptif

Analisis deskriptif ini dilakukan melalui pengujian hipotesis deskriptif. Hasil analisisnya adalah apakah hipotesis penelitian dapat digeneralisasikan atau tidak. Jika hipotesis nol (H_0) diterima, berarti hasil penelitian dapat digeneralisasikan analisis deskriptif ini menggunakan satu variabel atau lebih tapi bersifat mandiri, karena itu analisis ini tidak berbentuk perbandingan atau hubungan (Hasan, 2004:185).

Tabel 2. Kelengkapan Data Statistik

	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Pemahaman Awal	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
Pemahaman Akhir	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%

Kelengkapan data pada pada Tabel 2, menunjukkan kevalidan data statistik seluruh responden yaitu siswa kelas IX yang berjumlah 30 orang, tidak terdapat data yang hilang, kosong, ataupun rusak. Data yang ada berasal dari 30 orang siswa atau responden dengan total persentase 100 % memberikan data yang valid.

Tabel 3. Data Deskriptif

Variabel		Statistic	Std. Error
Pemahaman_Awal	Mean	63.4333	2.38370
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	
		Upper Bound	
	5% Trimmed Mean	63.5556	
	Median	64.5000	
	Variance	170.461	
	Std. Deviation	13.05607	
	Minimum	38.00	
	Maximum	87.00	
	Range	49.00	
	Interquartile Range	24.50	
	Skewness	-.154	
	Kurtosis	-1.167	
Pemahaman_Akhir	Mean	79.2667	1.21100
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	
		Upper Bound	
		81.7434	

5% Trimmed Mean	79.1852	
Median	78.0000	
Variance	43.995	
Std. Deviation	6.63290	
Minimum	68.00	
Maximum	92.00	
Range	24.00	
Interquartile Range	11.00	
Skewness	.248	.427
Kurtosis	-.961	.833

Berdasarkan hasil analisis deskriptif terhadap data pemahaman awal dan pemahaman akhir, diperoleh data rata-rata nilai pemahaman awal sebesar 63,43 dengan simpangan baku (standar deviasi) 13,06 dan median 64,50. Nilai terendah adalah 38 dan maksimum 87, dengan rentang 49. Hal ini menunjukkan bahwa sebaran data cukup lebar dan menunjukkan variasi yang tinggi pada kemampuan awal siswa pada pembelajaran STEM dalam IoT. Sedangkan pada rata-rata nilai pemahaman akhir meningkat menjadi 79,27 dengan simpangan baku 6,63 dan median 78,00. Nilai minimum adalah 68 dan maksimum 92, dengan rentang 24. Ini menandakan adanya peningkatan nilai rata-rata serta penyebaran data yang lebih kecil dibandingkan sebelum pembelajaran STEM dalam IoT. Selisih antara nilai rata-rata awal dan akhir adalah sekitar 15,83 poin, yang menunjukkan peningkatan pemahaman yang cukup signifikan setelah pembelajaran STEM dalam IoT dilakukan.

Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa setelah pembelajaran STEM dalam IoT distribusi nilai siswa lebih tinggi, sebaran data lebih homogen (simpangan baku menurun), dan nilai rata-rata meningkat secara nyata, yang mengindikasikan adanya peningkatan hasil belajar siswa.

Uji Asumsi Normalitas

Tabel 4. Uji Normalitas

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pemahaman_Awal	.146	30	.105	.942	30	.106
Pemahaman_Akhir	.122	30	.200*	.962	30	.357

Berdasarkan tabel 4, hasil uji normalitas menggunakan dua metode — Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk — menunjukkan bahwa: Sebelum pembelajaran STEM dalam IoT, nilai signifikansi Kolmogorov-Smirnov adalah 0,105 dan Shapiro-Wilk adalah 0,106. Sesudah pembelajaran STEM dalam IoT, nilai signifikansi Kolmogorov-Smirnov adalah 0,200 dan Shapiro-Wilk adalah 0,357. Jika nilai Sig. (p-value) > 0,05, maka data berdistribusi normal dan Jika nilai Sig. ≤ 0,05, maka data tidak berdistribusi normal. Karena semua nilai signifikansi

(Sig.) lebih kecil dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data sebelum dan sesudah simulasi berdistribusi normal secara statistik.

Uji Hipotesis

Tabel 5. Statistik Sampel Berpasangan

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pemahaman_Awal	63.4333	30	13.05607	2.38370
	Pemahaman_Akhir	79.2667	30	6.63290	1.21100

Data di atas menunjukkan nilai skor pemahaman awal dan pemahaman akhir pembelajaran STEM dalam IoT proyek hemat energi. Skor pemahaman awal rata-ratanya adalah 63,43 dan pemahaman akhir pembelajaran STEM dalam IoT proyek hemat energi adalah 79,27.

Tabel 6. Korelasi Sampel Berpasangan

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Pemahaman_Awal & Pemahaman_Akhir	30	.141	.457

Berdasarkan hasil uji Korelasi Sampel Berpasangan, diperoleh nilai korelasi sebesar 0,141 dengan jumlah sampel 30 dan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,457. Karena nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara nilai pemahaman awal dan pemahaman akhir. Nilai korelasi 0,141 menunjukkan hubungan yang lemah, artinya peningkatan nilai hasil belajar setelah pembelajaran STEM dalam IoT memiliki keterkaitan yang kurang kuat dengan nilai pemahaman awal. Dengan kata lain, siswa yang memiliki nilai pemahaman awal tinggi tidak selalu mengalami peningkatan yang baik setelah pemahaman STEM dalam IoT.

Tabel 7. Uji Sampel Berpasangan

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Pem_Awal - Pem_Akhir	-15.83333	13.78426	2.51665	-20.98046	-10.68621	-6.291	29	.000

Berdasarkan tabel Uji Sampel Berpasangan, diperoleh nilai rata-rata perbedaan (Mean) antara hasil belajar sebelum dan sesudah penggunaan STEM dalam IoT sebesar -15,83 dengan standar deviasi 13,78. Interval kepercayaan 95% untuk perbedaan rata-rata berada pada rentan yang tidak mencakup angka nol, sehingga mengindikasikan perbedaan yang signifikan.

Nilai t hitung sebesar -6,29 dengan derajat kebebasan (df) 29 dan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) < 0,001, yang berarti jauh lebih kecil dari batas $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, H_0 ditolak

dan H_a diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar sebelum dan sesudah penggunaan STEM dalam IoT Smart Proyek Hemat Energi.

Analisis N-Gain

Tabel 8. Hasil Analisis N-Gain

		Statistic	Std. Error
N_Gain_Persen	Mean	36.6798	5.32936
	95% Confidence Interval for Lower Bound	25.7800	
	Mean Upper Bound	47.5795	
	5% Trimmed Mean	38.3965	
	Median	38.5859	
	Variance	852.062	
	Std. Deviation	29.19009	
	Minimum	-39.13	
	Maximum	78.18	
	Range	117.31	
	Interquartile Range	34.46	
	Skewness	-.870	.427
	Kurtosis	.378	.833

Hasil analisis statistik deskriptif terhadap variabel *N-Gain Persen* menunjukkan bahwa rata-rata N-Gain sebesar 36,68% menunjukkan bahwa secara umum peningkatan pemahaman siswa setelah perlakuan tergolong kategori sedang (karena $30\% \leq \text{N-Gain} < 70\%$). Ini menunjukkan adanya efek positif dari pembelajaran terhadap peningkatan pemahaman siswa. Pada data median lebih besar dari mean ($38,59\% > 36,68\%$), menandakan distribusi data sedikit condong ke arah nilai yang lebih tinggi, artinya sebagian besar siswa mengalami peningkatan pemahaman yang cukup baik. Nilai maksimum (78,18%) cukup tinggi, menunjukkan adanya siswa yang mengalami peningkatan pemahaman yang sangat signifikan.

Hasil analisis N-Gain menunjukkan bahwa terdapat peningkatan pemahaman siswa dalam kategori sedang, dengan sebagian besar siswa mengalami peningkatan yang positif. Walaupun ada beberapa siswa yang mengalami penurunan, sebaran data menunjukkan tren peningkatan yang cukup kuat dan merata. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan atau intervensi pembelajaran yang diberikan efektif meningkatkan pemahaman siswa secara umum.

Tabel 9. Kriteria Penentuan Tingkat Keefektifan

Presentase (%)	Interpretasi
< 40	Tidak Efektif
40 – 55	Kurang Efektif
56 – 75	Cukup Efektif
> 76	Efektif

Presentasi N-gain yang diperoleh sebesar 36,68%, bila melihat Tabel 6 mengenai Kriteria Penentuan Tingkat Keefektifan, maka hasil N-gain ini masuk dalam kategori Tidak Efektif. Meskipun demikian, pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan teknologi IoT mampu mendorong sebagian siswa untuk lebih aktif, kolaboratif, dan kontekstual dalam belajar, sebagaimana disampaikan dalam sejumlah penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa integrasi STEM dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan motivasi belajar (Bybee, 2013; Becker & Park, 2011; Hidayat et al., 2022; Wahyuni et al., 2023). Nilai *confidence interval* 95% (13,81–26,66) yang tertera pada Tabel 5 mengindikasikan bahwa peningkatan ini cukup stabil dan dapat dipercaya secara statistik.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan pembelajaran STEM berbasis IoT memberikan dampak positif namun masih terbatas terhadap hasil belajar siswa kelas IX di MTsN 7 Cirebon. Peningkatan efektivitas dapat dilakukan dengan memperpanjang durasi intervensi, meningkatkan intensitas pendampingan proyek, serta memperkuat integrasi teknologi yang lebih adaptif dengan kemampuan siswa.

Tabel 10. Hasil Analisis skor N-Gain Siswa

No.	Kode Siswa	Pretest	Posttest	N_Gain Skor	Kriteria Peningkatan	% N-Gain
1.	S-1	70	75	0.17	Rendah	16.67
2.	S-2	75	72	-0.12	Terjadi penurunan	-12
3.	S-3	65	76	0.31	Sedang	31.43
4.	S-4	40	60	0.33	Sedang	33.33
5.	S-5	57	62	0.12	Rendah	11.63
6.	S-6	80	82	0.1	Rendah	10
7.	S-7	45	50	0.09	Rendah	9.09
8.	S-8	68	78	0.31	Sedang	31.25
9.	S-9	70	74	0.13	Rendah	13.33
10.	S-10	60	64	0.1	Rendah	10
11.	S-11	71	80	0.31	Sedang	31.03
12.	S-12	68	73	0.16	Rendah	15.63
13.	S-13	70	78	0.27	Rendah	26.67
14.	S-14	56	45	-0.25	Terjadi penurunan	-25
15.	S-15	82	85	0.17	Rendah	16.67
16.	S-16	60	72	0.3	Sedang	30
17.	S-17	64	76	0.33	Sedang	33.33
18.	S-18	72	70	-0.07	Terjadi penurunan	-7.14
19.	S-19	70	78	0.27	Rendah	26.67
20.	S-20	48	69	0.4	Sedang	40.38
21.	S-21	55	72	0.38	Sedang	37.78
22.	S-22	69	75	0.19	Rendah	19.35
23.	S-23	77	75	-0.09	Terjadi penurunan	-8.7
24.	S-24	46	67	0.39	Sedang	38.89
25.	S-25	44	70	0.46	Sedang	46.43
26.	S-26	70	74	0.13	Rendah	13.33
27.	S-27	68	75	0.22	Rendah	21.88
28.	S-28	70	82	0.4	Sedang	40

29.	S-29	48	68	0.38	Sedang	38.46
30.	S-30	82	85	0.17	Rendah	16.67

Pada Tabel 7 terlihat bahwa sekitar 40 % siswa (12 siswa) mengalami peningkatan cukup baik dalam hasil belajar pembelajaran STEM dalam IoT, 46,7 % (!4 siswa) mayoritas siswa berada dalam kategori ini, artinya hasil belajar ada, tetapi masih tergolong kecil, dan 13,3 % (4 siswa) menunjukkan adanya sebagian kecil siswa yang hasil belajarnya turun setelah pembelajaran. Tidak ada siswa yang mencapai kategori tinggi, yang berarti pembelajaran belum memberikan dampak maksimal terhadap semua siswa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data pretest dan posttest terhadap 30 siswa kelas IX MTsN 7 Cirebon, penerapan pembelajaran STEM berbasis proyek IoT hemat energi menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar, meskipun masih dalam kategori rendah. Analisis N-Gain menghasilkan rata-rata peningkatan sebesar 20,24%, dengan rentang -25,00 hingga 46,43. Berdasarkan kriteria gain Richard R. Hake (1999), hasil ini termasuk kategori rendah dan menurut kriteria keefektifan (Tabel 6), berada pada kategori “Tidak Efektif”. Meskipun demikian, data menunjukkan bahwa 86,7% siswa mengalami peningkatan hasil belajar dan hanya 13,3% siswa yang mengalami penurunan. Sebanyak 40% siswa berada pada kategori sedang, 46,7% kategori rendah, dan tidak ada yang mencapai kategori tinggi.

Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran STEM berbasis proyek IoT berpotensi memberikan dampak positif, terutama pada peningkatan pemahaman konseptual sebagian siswa. Namun, efektivitasnya belum merata untuk seluruh siswa. Faktor-faktor seperti perbedaan kesiapan belajar, tingkat literasi teknologi, dan waktu pembelajaran yang terbatas dapat memengaruhi capaian tersebut. Oleh karena itu, disarankan adanya perluasan durasi pembelajaran, pendampingan yang lebih intensif, serta integrasi teknologi yang lebih adaptif terhadap kemampuan siswa untuk meningkatkan keefektifan pembelajan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, M., Ali, L. U., & Suhirman, S. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Problem Based Learning (PBL) Pada Materi Elastisitas Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis. *CAHAYA: Journal of Research on Science Education*, 1(2), 73–91. <https://doi.org/https://doi.org/10.70115/cahaya.v1i2.73>
- Ali, L. U., Suranto, Indrowati, M., & Suhirman. (2026). A meta-analysis of the effectiveness of problem-based learning on science literacy. In Maila D.H. Rahiem (Ed.), *Towards Resilient Societies: The Synergy of Religion, Education, Health, Science, and Technology* (1st ed., Vol. 1, Issue 1). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9781003645542-44>
- Ali, L. U., Suranto, S., & Indrowati, M. (2025). Model Problem Based Contextual Learning (PBCL) Bermuatan Etnosains untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains dan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa. In A. Malik (Ed.), *CV Eureka Media Aksara* (1st ed.). Eureka Media Aksara. <https://repository.penerbiteurka.com/publications/620370/>
- Ali, L. U., Azmar, Wahyuni, Jumawal, & Fitriana, I. M. (2023). Improving Science Learning Outcomes by Applying Problem-Based Learning Model. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(2),

- 173–182. <https://doi.org/10.26618/jpf.v11i2.9913>
- Ary, D., Jacobs, L. C., & Sorensen, C. (2010). *Introduction to Research in Education*. Wadsworth Cengage Learning.
- Bao, L. (2006). Theoretical comparisons of average normalized gain calculations. *American Journal of Physics*, 74(10), 917–922. <https://doi.org/10.1119/1.2210845>
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among STEM subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5–6), 23–37. <https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/77>
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education* (8th ed.). Routledge.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2009). *How to Design and Evaluate Research in Education* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. *American Educational Research Association*.
- Hasan, I. (2004). *Pokok-pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensif)*. Bumi Aksara.
- Hidayat, R., Nugraha, D., & Utami, S. (2022). Implementasi STEM dalam pembelajaran sains. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 112–123. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jps/article/view/xyz>
- Meltzer, D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible “hidden variable” in diagnostic pretest scores. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268. <https://doi.org/10.1119/1.1517572>
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K–12 STEM education. *International Journal of STEM Education*, 1(1), 1–17. <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/2196-7822-1-2>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Sa'idah, S., Makhrus, M., & Doyan, A. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah pada Materi Gelombang Cahaya. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 6(4). <https://doi.org/10.29303/jipp.v6i4.344>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta.
- Vari, Y., & Bramastia, B. (2021). Pemanfaatan Augmented Reality Untuk Melatih Keterampilan Berpikir Abad 21 Di Pembelajaran IPA. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 10(2). <https://doi.org/10.20961/inkui.v10i2.57256>
- Wahyuni, E., Ramdani, A., & Sari, L. (2023). Efektivitas pembelajaran STEM pada abad 21. *Jurnal Pendidikan Inovatif*, 11(3), 210–225. <https://jurnalpendidikaninovatif.ac.id/index.php/jpi/article/view/abc>