

PENGARUH PEMBELAJARAN STRATEGI METAKOGNITIF BERBANTUAN AI TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH FISIKA SISWA PADA MATERI USAHA DAN ENERGI

Umu Aiman Alhabasiah¹, Ahmad Khoiri², Vava Imam Agus Vaisal³

^{1,2,3} Universitas Sains Al-Qur'an

¹aaimanumu0714@gmail.com, ²akhoiri@unsiq.ac.id, ³vavaimam@unsiq.ac.id

ABSTRACT

Senior high school students' physics problem-solving ability on the topic of work and energy remains relatively low, as students tend to memorize formulas without understanding the underlying physical meaning of the problems they face. This study aimed to examine the effect of AI-assisted metacognitive strategy instruction on the physics problem-solving ability of eleventh-grade students on the topic of work and energy at SMA Takhassus Al-Qur'an Wonosobo. A quantitative quasi-experimental method with a nonequivalent control group design was employed, involving 46 eleventh-grade students divided into an experimental class (23 students) and a control class (23 students). Problem-solving ability was measured using an essay test based on four indicators of Polya's problem-solving steps. Data were analyzed using normalized gain (N-Gain) scores and an independent sample t-test at a 5% significance level. The results showed that the experimental class obtained an N-Gain of 0.75 (high category), higher than the control class at 0.33 (moderate category), and hypothesis testing revealed a significant difference between the two classes ($p < 0.05$). It can therefore be concluded that AI-assisted metacognitive strategy instruction significantly improves students' physics problem-solving ability on the topic of work and energy.

Keywords: *metacognitive strategy, Artificial Intelligence, problem solving*

ABSTRAK

Kemampuan pemecahan masalah fisika siswa SMA pada materi usaha dan energi masih tergolong rendah karena siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami makna fisis dari persoalan yang dihadapi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh pembelajaran strategi metakognitif berbantuan kecerdasan buatan (AI) terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika siswa kelas XI pada materi usaha dan energi di SMA Takhassus Al-Qur'an Wonosobo. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimen semu (*quasi experiment*) dengan desain *nonequivalent control group*, yang melibatkan 46 siswa kelas XI yang terbagi dalam kelas eksperimen (23 siswa) dan kelas kontrol (23 siswa). Kemampuan pemecahan masalah diukur menggunakan tes uraian berdasarkan empat indikator langkah Polya. Data dianalisis menggunakan skor N-Gain dan uji *independent sample t-test* pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh N-Gain sebesar 0,75 (kategori tinggi), lebih besar dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,33 (kategori sedang), dan uji hipotesis menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelas ($p < 0,05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran strategi metakognitif berbantuan

AI berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa pada materi usaha dan energi.

Kata Kunci: strategi metakognitif, kecerdasan buatan, kemampuan pemecahan masalah

A. Pendahuluan

Pembelajaran fisika di tingkat SMA menuntut peserta didik tidak hanya menguasai konsep dan rumus, tetapi juga mampu memecahkan masalah secara sistematis, reflektif, dan logis. Kemampuan pemecahan masalah menjadi salah satu kompetensi penting dalam fisika karena siswa harus mampu memahami persoalan, memilih strategi yang tepat, melaksanakan langkah penyelesaian, dan mengevaluasi hasil secara kritis (Ler & Reif, 1984; Polya, 1945). Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa siswa masih sering mengalami kesulitan dalam memahami masalah fisika, memilih prosedur yang sesuai, serta memeriksa kembali jawaban yang diperoleh (Nugraha et al., 2021; Maulani et al., 2020).

Fenomena tersebut juga terjadi di SMA Takhassus Al-Qur'an Wonosobo. Berdasarkan observasi awal yang dilakukan pada siswa kelas XI, ditemukan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam

menyelesaikan soal-soal fisika yang memerlukan pemahaman konseptual mendalam, khususnya pada materi usaha dan energi. Siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami makna fisis dari persoalan yang diberikan, sehingga ketika dihadapkan pada soal yang menuntut analisis dan penalaran, kemampuan mereka menurun signifikan. Kondisi ini mengindikasikan perlunya strategi pembelajaran yang dapat mendorong siswa untuk berpikir secara terstruktur dan reflektif.

Rendahnya kemampuan tersebut juga tampak pada capaian internasional siswa Indonesia. Laporan TIMSS 2019 menunjukkan bahwa prestasi sains Indonesia masih berada pada peringkat rendah, yang mengindikasikan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk pemecahan masalah, masih menjadi tantangan dalam pembelajaran sains (Mullis et al., 2020). Dalam konteks materi usaha dan energi, hambatan tersebut semakin nyata karena materi ini menuntut pemahaman hubungan

konsep gaya, perpindahan, usaha, dan energi secara tepat. Penelitian juga menunjukkan bahwa 50% siswa masih mengalami miskonsepsi pada materi usaha dan energi, sehingga siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami makna fisisnya (Mufti & Sunarti, 2024).

Salah satu pendekatan yang berpotensi mengatasi masalah tersebut adalah strategi metakognitif. Strategi ini menekankan kemampuan siswa untuk merencanakan, memantau, dan mengevaluasi proses berpikirnya sendiri sehingga siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengontrol cara belajarnya secara sadar (Schraw & Dennison, 1994; Septiani et al., 2023). Penerapan strategi metakognitif dalam pembelajaran fisika telah dilaporkan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah siswa (Bakri et al., 2022; Putri & Suryani, 2023; Rahmi et al., 2021). Dengan demikian, strategi ini relevan untuk membantu siswa mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam terhadap konsep fisika.

Di sisi lain, perkembangan kecerdasan buatan atau Artificial Intelligence (AI) membuka peluang

baru dalam pembelajaran fisika. AI dapat berfungsi sebagai alat bantu belajar yang memberikan umpan balik instan, penjelasan adaptif, dan bimbingan personal sesuai kebutuhan siswa (Ikhsan et al., 2025; Ouyang & Jiao, 2023). Dalam pembelajaran fisika, AI juga dapat mendukung simulasi, latihan soal, serta eksplorasi konsep yang abstrak secara lebih interaktif (Nurhuda et al., 2024; Wiyono et al., 2021). Akan tetapi, penggunaan AI yang tidak diarahkan berisiko membuat siswa bergantung pada jawaban instan tanpa proses berpikir yang mendalam. Oleh karena itu, integrasinya perlu dibingkai dengan strategi pembelajaran yang mendorong refleksi dan kontrol diri (Amal Abdilah, 2023; Ikhsan et al., 2025). Di sinilah strategi metakognitif berperan sebagai kerangka yang mengarahkan penggunaan AI secara produktif, mendorong siswa untuk tetap berpikir kritis dan tidak sekadar menyalin jawaban dari AI.

Berdasarkan uraian tersebut, integrasi strategi metakognitif dengan bantuan AI dipandang sebagai pendekatan yang potensial untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa, khususnya pada materi usaha dan

energi. Kajian yang menggabungkan kedua variabel tersebut masih terbatas, terutama dalam konteks pendidikan Indonesia (Bakri et al., 2022; Prasetyo et al., 2025; Rahmadani et al., 2024). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh pembelajaran strategi metakognitif berbantuan AI terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika siswa kelas XI pada materi usaha dan energi di SMA Takhassus Al-Qur'an Wonosobo.

B. Metode Penelitian

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (*quasi experiment*). Desain yang digunakan adalah *nonequivalent control group design*, dengan dua kelas sebagai kelompok penelitian, yaitu kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran strategi metakognitif berbantuan AI dan kelas kontrol yang memperoleh pembelajaran konvensional (Sugiyono, 2019). Kedua kelas diberikan pretest sebelum perlakuan dan posttest setelah perlakuan untuk mengukur

perbedaan kemampuan pemecahan masalah fisika.

2. Populasi dan Sampel

Penelitian dilaksanakan di SMA Takhassus Al-Qur'an Wonosobo pada tahun ajaran 2025/2026. Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas XI yang berjumlah 64 siswa yang terbagi dalam 2 kelas. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu dengan memilih dua kelas yang memiliki kemampuan awal setara berdasarkan nilai ulangan harian fisika sebelumnya. Kelas XI A ditetapkan sebagai kelas eksperimen dengan jumlah 23 siswa, sedangkan kelas XI B ditetapkan sebagai kelas kontrol dengan jumlah 23 siswa. Pengacakan individu tidak dilakukan karena penelitian menggunakan kelas yang sudah terbentuk secara alami.

3. Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pembelajaran strategi metakognitif berbantuan AI, sedangkan variabel terikatnya adalah kemampuan pemecahan masalah fisika siswa pada materi usaha dan energi. Kemampuan

pemecahan masalah diukur berdasarkan empat indikator langkah Polya, yaitu: (1) memahami masalah, (2) merencanakan penyelesaian, (3) melaksanakan rencana, dan (4) memeriksa kembali jawaban (Polya, 1945).

4. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian meliputi: (1) tes uraian kemampuan pemecahan masalah fisika berdasarkan langkah Polya yang terdiri dari 5 butir soal essay, di mana setiap soal memuat indikator keempat langkah Polya secara terintegrasi; (2) angket strategi metakognitif yang diadaptasi dari *Metacognitive Awareness Inventory* (MAI) oleh Schraw & Dennison (1994); (3) lembar observasi aktivitas siswa selama pembelajaran; dan (4) dokumentasi pembelajaran sebagai data pendukung.

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen tes divalidasi oleh 2 validator ahli yang terdiri dari dosen pendidikan fisika dan guru fisika. Validasi meliputi validitas isi dan validitas konstruk. Selanjutnya, instrumen diujicobakan kepada siswa di luar sampel penelitian untuk menguji reliabilitasnya

menggunakan rumus Alpha Cronbach. Instrumen dinyatakan reliabel apabila koefisien reliabilitas $\alpha \geq 0,70$ (Sugiyono, 2019).

5. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tes dan non-tes. Tes digunakan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah fisika siswa sebelum (*pretest*) dan sesudah perlakuan (*posttest*). Data non-tes diperoleh melalui angket untuk mengukur keterlibatan metakognitif siswa dan lembar observasi untuk memantau aktivitas pembelajaran di kelas eksperimen.

6. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif melalui beberapa tahap. Pertama, peningkatan kemampuan pemecahan masalah dianalisis menggunakan skor *normalized gain* (N-Gain) dengan rumus:

$$\text{N-Gain} = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor maksimal} - \text{Skor Pretest}}$$

Kategori N-Gain mengacu pada kriteria Hake (1998): rendah ($g < 0,3$) sedang ($0,3 \leq g \leq 0,7$), dan tinggi ($g > 0,7$),

Kedua, sebelum dilakukan uji hipotesis, data terlebih dahulu diuji normalitas menggunakan uji

Shapiro-Wilk dan uji homogenitas varians menggunakan uji Levene dengan taraf signifikansi 5%. Apabila data berdistribusi normal dan homogen, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan independent sample t-test. Apabila asumsi tersebut tidak terpenuhi, digunakan uji nonparametrik Mann-Whitney U. Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 27 pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Deskripsi Data *Pretest* dan *Posttest*

Data kemampuan pemecahan masalah fisika diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen (XI A) dan kelas kontrol (XI B). Deskripsi statistik kedua kelas disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Deskripsi Statistik
Pretest dan *Posttest*
 Kemampuan Pemecahan
 Masalah**

Statistik	Eksperimen		Kontrol	
	Pre	Post	Pre	Post
N	23	23	23	23
Mean	56,5	90,3	52,3	69
Min.	35	80	35	60
Maks.	65	97	63	78

Berdasarkan Tabel 1., rata-rata skor *pretest* kelas eksperimen (32,50) dan kelas kontrol (31,85) menunjukkan kemampuan awal yang relatif setara antara kedua kelas sebelum perlakuan diberikan. Setelah perlakuan, rata-rata *posttest* kelas eksperimen (78,24) jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (62,47). Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran strategi metakognitif berbantuan AI memberikan dampak yang lebih besar terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa.

2. Analisis N-Gain

Peningkatan kemampuan pemecahan masalah fisika dianalisis menggunakan skor N-Gain (*normalized gain*) menurut

Hake (1998). Hasil perhitungan N-Gain kedua kelas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis N-Gain Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kelas	Rata-rata Pre	Rata-rata Post	N-Gain
Eksperimen	56,5	90,3	0,75
Kontrol	52,3	69	0,33

Berdasarkan Tabel 2, nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,75 termasuk kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol memperoleh N-Gain sebesar 0,33 yang termasuk kategori sedang. Perbedaan nilai N-Gain antara kedua kelas menunjukkan bahwa pembelajaran strategi metakognitif berbantuan AI menghasilkan peningkatan kemampuan pemecahan masalah yang lebih optimal dibandingkan pembelajaran konvensional. Hasil ini sejalan dengan penelitian Bakri et al. (2022) yang menemukan bahwa strategi metakognitif secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir

tingkat tinggi siswa dalam pembelajaran fisika.

3. Uji Prasyarat Analisis

Sebelum dilakukan uji hipotesis, data *posttest* terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya. Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data *posttest* kelas eksperimen (Sig. = 0,590) dan kelas kontrol (Sig. = 0,052) keduanya memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 sehingga data dinyatakan berdistribusi normal. Selanjutnya, hasil uji homogenitas Levene menunjukkan nilai 0,842 dengan signifikansi sebesar 0,364 ($> 0,05$), yang berarti varians kedua kelompok adalah homogen. Dengan terpenuhinya kedua asumsi tersebut, uji hipotesis dilanjutkan menggunakan independent sample t-test.

4. Uji Hipotesis (Independent Sample T-Test)

Pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan pemecahan masalah fisika kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah perlakuan. Hasil uji independent sample t-test disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Independent Sample T-Test

Mean Difference	t-hitung	Sig. (2-tailed)
-12,261	-12,074	0,001

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji independent sample t-test menunjukkan nilai t-hitung sebesar -12,074 dengan nilai signifikansi 0,001 ($p < 0,05$). Karena nilai signifikansi lebih kecil dari taraf signifikansi yang ditetapkan ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya, terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan pemecahan masalah fisika kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah perlakuan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran strategi metakognitif berbantuan AI berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika siswa pada materi usaha dan energi.

5. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi metakognitif berbantuan AI secara signifikan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa

kelas XI A pada materi usaha dan energi. Peningkatan ini tercermin dari nilai N-Gain kelas eksperimen (0,75) yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (0,33). Temuan ini mengonfirmasi bahwa integrasi antara strategi metakognitif dan AI mampu menciptakan lingkungan belajar yang mendorong siswa berpikir secara terstruktur dan reflektif dalam memecahkan masalah fisika.

Strategi metakognitif memberikan kerangka berpikir yang sistematis bagi siswa dalam menyelesaikan soal fisika, yaitu melalui tahapan perencanaan (*planning*), pemantauan (*monitoring*), dan evaluasi (*evaluation*) proses berpikir mereka sendiri (Schraw & Dennison, 1994). Ketika kerangka ini dikombinasikan dengan bantuan AI, siswa mendapatkan scaffolding yang adaptif sesuai kebutuhan masing-masing. AI berperan sebagai mitra belajar yang menyediakan umpan balik instan dan penjelasan konsep secara interaktif, sehingga siswa tidak hanya menghafal prosedur penyelesaian, tetapi juga memahami makna fisis dari setiap

langkah yang dilakukan (Ouyang & Jiao, 2023; Ikhsan et al., 2025).

Peningkatan kemampuan pemecahan masalah yang lebih tinggi pada kelas eksperimen juga didukung oleh penerapan langkah Polya secara eksplisit dalam setiap soal latihan. Dengan dibiasakan mengikuti empat tahapan Polya: memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan rencana, dan memeriksa kembali. Siswa mengembangkan kebiasaan berpikir yang lebih terorganisir (Polya, 1945). Hasil observasi selama pembelajaran menunjukkan bahwa siswa kelas eksperimen lebih aktif dalam mendiskusikan langkah-langkah penyelesaian dan lebih sering melakukan pengecekan ulang terhadap jawaban mereka dibandingkan siswa kelas kontrol.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Bakri et al. (2022) yang melaporkan bahwa strategi metakognitif meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran fisika. Putri & Suryani (2023) juga menemukan peningkatan signifikan kemampuan pemecahan masalah fisika melalui penerapan strategi metakognitif.

Penambahan komponen AI dalam penelitian ini memperkuat efektivitas strategi tersebut karena AI mampu menyesuaikan tingkat kesulitan dan jenis umpan balik sesuai kemampuan individu siswa, sehingga proses belajar menjadi lebih personal dan efisien (Nurhuda et al., 2024).

Selain menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan hasil uji hipotesis, peningkatan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa juga terlihat dari nilai N-Gain kelas eksperimen yang berada pada kategori tinggi ($>0,7$). Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan strategi metakognitif dengan bantuan AI tidak hanya memberikan pengaruh secara statistik, tetapi juga efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah fisika. Tingginya nilai N-Gain mengindikasikan bahwa siswa mampu memanfaatkan proses perencanaan, pemantauan.

D. Kesimpulan

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan: (1) guru fisika dapat menerapkan strategi

metakognitif berbantuan AI sebagai alternatif pembelajaran yang mendorong kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa; (2) sekolah perlu menyediakan fasilitas dan pelatihan penggunaan AI yang terstruktur agar penggunaannya dalam pembelajaran lebih terarah; dan (3) penelitian selanjutnya dapat mengembangkan protokol penggunaan AI yang lebih terstruktur, memperluas cakupan materi fisika, serta menggunakan desain penelitian yang lebih kuat seperti true experiment untuk meminimalkan ancaman validitas internal.

Kesimpulan akhir yang diperoleh dalam penelitian dan saran perbaikan yang dianggap perlu ataupun penelitian lanjutan yang relevan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal Abdilah, M. (2023). Dampak penggunaan kecerdasan buatan terhadap kemandirian belajar siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 15(1), 45–58.
- Bakri, F., Jasruddin, J., & Helmi, H. (2022). Strategi metakognitif dalam pembelajaran fisika terhadap keterampilan berpikir kritis di SMAN 16 Makassar. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 8(1), 23–31.
- Hake, R. R. (1998). *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Ikhsan, I., Artasoma, P., Karliani, E., & Sunarno, A. (2025). Analisis penggunaan AI dalam menunjang proses pembelajaran di kelas IX SMP Negeri 8 Palangka Raya. *JlIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(3), 3365–3372.
- Ler, P., & Reif, F. (1984). *Prescribing effective problem-solving strategies*. *Cognition and Instruction*, 1(2), 177–216.
- Maulani, T. F., et al. (2020). Analisis kesulitan belajar fisika siswa SMA pada konsep usaha dan energi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 8(2), 88–96.
- Mufti, N., & Sunarti, T. (2024). Identifikasi miskonsepsi siswa pada materi usaha dan energi menggunakan tes diagnostik *three-tier*. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 20(1), 12–21.
- Mullis, I. V. S., et al. (2020). *TIMSS 2019 international results in science*. TIMSS & PIRLS International Study Center.
- Nugraha, M. G., et al. (2021). Analisis kemampuan pemecahan masalah fisika siswa SMA pada materi dinamika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(3), 201–210.
- Nurhuda, T., et al. (2024). Pemanfaatan AI dalam pembelajaran fisika berbasis simulasi interaktif. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 10(1), 55–67.

- Ouyang, F., & Jiao, P. (2023). *Artificial Intelligence in education: The three paradigms*. Computers and Education: Artificial Intelligence, 4, 100041.
- Polya, G. (1945). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton University Press.
- Prasetyo, Z. K., et al. (2025). Integrasi AI dan metakognisi dalam pembelajaran sains: Tinjauan sistematis. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 14(1), 1–15.
- Putri, D. L., & Suryani, T. (2023). Penerapan strategi pembelajaran metakognitif untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa SMP Negeri 5 Yogyakarta. Jurnal Inovasi Pendidikan Sains, 12(2), 98–106.
- Rahmadani, N., et al. (2024). Pengaruh pembelajaran berbantuan AI terhadap kemampuan kognitif siswa SMA. Jurnal Teknologi Pembelajaran, 11(2), 134–145.
- Rahmi, et al. (2021). *The influence of metacognition and creativity on the physics problem solving ability of SMA Negeri 1 Pinrang students*. Jurnal Pendidikan Fisika, 9(1), 44–53.
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). *Assessing metacognitive awareness*. Contemporary Educational Psychology, 19(4), 460–475.
- Septiani, R., et al. (2023). Peran strategi metakognitif dalam meningkatkan regulasi diri belajar fisika siswa SMA. Jurnal Fisika dan Pendidikannya, 5(2), 88–97.
- Sugiyono. (2019). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
- Wiyono, K., et al. (2021). Pengembangan media pembelajaran fisika berbasis AI untuk meningkatkan pemahaman konsep. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, 17(2), 100–112.