

Pengembangan *E-Learning* Terintegrasi *Chatbot* Berbasis *Blended Learning* untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Konsep Fluida Statis

Muhammad Suryauno Mahmudah^{1*}, Firmanul Catur Wibowo¹, Andreas Handjoko Permana¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta

*E-mail: mahmudavuno@gmail.com

Abstrak

Chatbot sebagai media pembelajaran telah menunjukkan potensi signifikan dalam meningkatkan penalaran eksplisit, retensi, dan prestasi akademik. Namun, rendahnya pemahaman siswa pada konsep Fluida Statis pada peserta didik SMA yang diperparah oleh keterbatasan media pembelajaran yang adaptif dan interaktif menunjukkan perlunya pengembangan media pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi tersebut. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran *E-Learning* terintegrasi *chatbot* berbasis *Blended Learning* untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada konsep Fluida Statis bagi peserta didik kelas XI SMA. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Pada tahap *Analysis*, dilakukan analisis kebutuhan dan studi literatur. Tahap *Design* menghasilkan storyboard *E-Learning* berbasis Moodle terintegrasi *chatbot* AI. Tahap *Development* meliputi pengembangan produk dan validasi oleh tiga ahli. Tahap *Implementation* melibatkan 30 peserta didik kelas XI SMA Negeri di Jakarta dengan desain One-Group Pretest-Posttest. Peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan *N-gain*. Hasil validasi ahli menunjukkan rata-rata 91% (Sangat Valid). Tanggapan guru dan peserta didik masing-masing mencapai 94% dan 86% (Sangat Baik). Nilai *N-gain* rata-rata sebesar 0,93 (Kategori Tinggi) mengindikasikan adanya peningkatan hasil belajar Fluida Statis yang cukup besar.

Kata kunci : *Blended Learning, Chatbot, E-Learning, Fluida Statis, hasil belajar*

Abstract

Chatbots as learning media have demonstrated significant potential in enhancing explicit reasoning, knowledge retention, and academic achievement. However, students' low achievement in understanding the concept of Static Fluids at the senior high school level, compounded by the limited availability of adaptive and interactive learning media, highlights the need for the development of technology-integrated instructional media. This study aimed to develop a chatbot-integrated E-Learning platform based on the Blended Learning approach to improve students' learning outcomes in the topic of Static Fluids for eleventh-grade senior high school students. The development process employed the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). During the Analysis phase, a needs analysis and literature review were conducted. The Design phase resulted in a storyboard for a Moodle-based E-Learning platform integrated with an AI chatbot. The Development phase involved product development and validation by three experts. The Implementation phase was carried out with 30 eleventh-grade students from a public senior high school in Jakarta using a One-Group Pretest-Posttest design. Improvements in students' learning outcomes were analyzed using the normalized gain (N-gain). The expert validation results indicated an average score of 91% (Highly Valid). The responses from teachers and students reached 94% and 86%, respectively (Very Good). The average N-gain score of 0.93 (High Category) indicates a substantial improvement in students' learning outcomes on the topic of Static Fluids.

Keywords: *Blended Learning, Chatbot, Learning Outcome, E-Learning, Static Fluids*

PENDAHULUAN

Fisika merupakan mata pelajaran yang masih dipersepsikan sulit oleh sebagian besar peserta didik karena tingginya kompleksitas konsep yang bersifat abstrak. Salah satu topik yang paling banyak menimbulkan miskonsepsi adalah Fluida Statis. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa peserta didik cenderung salah memahami konsep tekanan hidrostatik, Hukum Pascal, dan Hukum Archimedes [1][9] Misalnya, anggapan bahwa tekanan dipengaruhi oleh massa benda atau luas penampang bukan

kedalaman dan massa jenis fluida masih banyak ditemukan hingga jenjang menengah atas [1]. Permasalahan ini diperparah oleh dominasi model pembelajaran konvensional di kelas, seperti metode ceramah dan penggunaan bahan tayang statis, yang terbukti minim interaktivitas serta belum mampu menyediakan ruang eksplorasi konsep secara mendalam bagi peserta didik [4], [11]. Sedangkan, tuntutan pendidikan global saat ini sejalan dengan agenda inovasi *Sustainable Development Goals* (SDGs) tujuan ke-4 tentang Pendidikan Berkualitas sangat menekankan pentingnya adopsi teknologi cerdas guna menciptakan akses pembelajaran yang inklusif, adaptif, dan bermutu tinggi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah media pendukung yang interaktif untuk menjembatani keterbatasan pemahaman konsep abstrak secara lebih konkret dan personal.

Studi pendahuluan yang dilakukan terhadap 61 peserta didik kelas XI di SMA Negeri 68 Jakarta menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih didominasi metode ceramah (73,8%) dan slide PowerPoint (90,2%), dengan interaktivitas yang sangat terbatas. Sebanyak 44,3% peserta didik menyatakan bahwa materi Fisika terasa abstrak, dan 60,7% menyatakan membutuhkan media tambahan berupa video, simulasi, atau *chatbot* untuk memahami konsep. Lebih lanjut, 72,2% peserta didik menyatakan bahwa *chatbot* yang mampu memberikan penjelasan dan latihan soal akan membantu mereka belajar lebih efektif.

Upaya pemecahan masalah ini dapat dibangun melalui tinjauan Teori Konstruktivisme Sosial Vygotsky, yang menekankan signifikansi pemberian *scaffolding* (bantuan sementara) dalam *Zone of Proximal Development* (ZPD) siswa guna meraih kemandirian kognitif. Dalam ekosistem pendidikan digital, kecerdasan buatan (*chatbot*) dapat mengambil peran krusial sebagai digital *scaffold* yang memberikan umpan balik terarah dan personal secara *real-time* [16]. Integrasi *chatbot* ini akan semakin optimal apabila diwadahi dalam sebuah *Learning Management System* (LMS) berbasis *Blended Learning* melalui pendekatan *Flipped Classroom* [13]. Model ini secara sistematis mengorganisasi alur interaksi menjadi tiga fase: prakelas (persiapan kognitif mandiri), di kelas (kolaborasi dan pemecahan masalah), serta pascakelas (penguatan evaluatif) [10]. Berbagai kajian secara konsisten menegaskan bahwa *chatbot* terbukti ampuh mereduksi beban kognitif serta membangun lingkungan belajar yang aman untuk bertanya, asalkan arsitektur pedagogisnya terarah dan terstruktur dengan baik [4], [11].

Chatbot sebagai media pembelajaran telah menunjukkan potensi signifikan dalam berbagai konteks. Meta-analisis Deng dan Yu [3] mengonfirmasi bahwa *chatbot* mampu meningkatkan penalaran eksplisit, retensi, dan prestasi akademik. Sementara itu, Labadze et al. [4] menegaskan bahwa *chatbot* yang dirancang dalam kerangka pedagogis yang sistematis dapat mendampingi peserta didik secara adaptif. Namun demikian, mayoritas penelitian terdahulu belum menggabungkan *chatbot* dalam skenario *Blended Learning* yang dirancang secara sistematis untuk fisika, khususnya pada topik Fluida Statis. Kesenjangan inilah yang menjadi justifikasi ilmiah penelitian ini.

Menjawab kesenjangan antara tingginya kebutuhan *scaffolding* harian dan stagnasi metode kelas konvensional, rencana pemecahan masalah yang ditawarkan adalah inovasi pengembangan media *E-Learning* terintegrasi *chatbot* fisika berbasis *Blended Learning* [5][12]. Sistem cerdas ini bersifat zero-installation dan cross-platform, yang difungsikan sebagai asisten tutor 24 jam untuk membantu peserta didik mensimulasikan materi secara terstruktur. Dengan dukungan ekosistem ini, siswa dapat memperkuat konsep dasar prasyarat sebelum tatap muka, memandu langkah analitis pada saat kelas berlangsung, serta mereviu materi yang terlewat setelah kelas usai [8]. Desain instruksional yang berlapis ini diimplementasikan untuk mencegah ketergantungan atas jawaban instan serta memitigasi risiko halusinasi informasi AI, sehingga peserta didik dapat berfokus menumbuhkan penalaran kausal untuk konsep fisika yang ditargetkan [9][10].

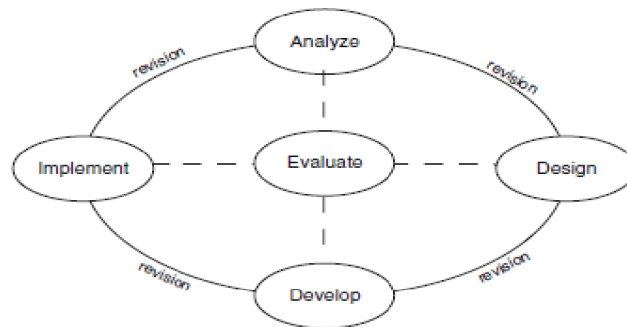
Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan *E-Learning* terintegrasi *chatbot* sebagai media pembelajaran berbasis *Blended Learning* pada materi Fluida Statis; (2) mengetahui tingkat validitas media yang dikembangkan; serta (3) mendeskripsikan peningkatan hasil belajar siswa pada konsep Fluida Statis peserta didik setelah menggunakan media dalam skema *Blended Learning*.

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) yang menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) [9].

Model ini dipilih karena memiliki struktur pengembangan sistematis yang sesuai untuk pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi digital. Setiap tahapan saling berkaitan dan dilengkapi proses evaluasi formatif yang berkelanjutan.



Gambar 1. Tahapan Pengembangan ADDIE.

Sumber : [9]

B. Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri atas dua kelompok. Pertama, tiga validator ahli pakar di bidang materi fisika, media pembelajaran, dan pembelajaran/Bahasa dengan kualifikasi minimal Magister Pendidikan Fisika. Kedua, 30 peserta didik kelas XI dari dua kelas di SMA Negeri 68 Jakarta yang dipilih menggunakan purposive sampling berdasarkan kesesuaian jadwal pembelajaran. Implementasi dilaksanakan selama dua pertemuan (6×45 menit).

C. Instrumen

Instrumen yang digunakan meliputi: (1) lembar validasi ahli (33 butir) yang mencakup aspek materi, media, dan pembelajaran; (2) angket tanggapan guru (9 butir); (3) angket tanggapan peserta didik (13 butir); serta (4) instrumen pretest dan posttest berbentuk pilihan ganda yang mencakup domain kognitif C2 (Memahami), C3 (Menerapkan), dan C4 (Menganalisis) berdasarkan Taksonomi Bloom Revisi. Posttest mencakup 15 soal identik dengan pretest ditambah 8 soal baru pada domain C3 dan C4 untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi pasca-intervensi. Normalisasi skor dilakukan dengan rumus:

$$\text{Nilai} = \frac{\Sigma \text{Skor yang diperoleh}}{\Sigma \text{Skor maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

D. Teknik Analisis Data

Data validasi ahli dan tanggapan pengguna dianalisis menggunakan formula persentase sebagai berikut,

$$\text{interpretasi skor (n)} = \frac{\Sigma \text{Skor yang diperoleh}}{\Sigma \text{Skor maksimum}} \times 100\% \quad (2)$$

dengan kriteria validitas pada Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria Interpretasi Validitas Produk [10]

Persentase	Interpretasi
$81\% \leq n \leq 100\%$	Sangat Valid
$61\% \leq n \leq 80\%$	Valid

$41\% \leq n \leq 60\%$	Kurang Valid
$21\% \leq n \leq 40\%$	Tidak Valid
$0\% \leq n \leq 20\%$	Sangat Tidak Valid

Untuk peningkatan Peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan *Normalized Gain* (N-gain) Hake [11], [12] dengan formula :

$$< g > = \frac{(Skor_{post} - Skor_{pre})}{(Skor_{maks} - Skor_{pre})} \quad (3)$$

Kategori interpretasi N-gain mengacu pada klasifikasi [11], yaitu.

Tabel 2. Kategori Interpretasi Uji Normalized gain

Kategori	Rentang nilai <i>gain</i>
Rendah	$g < 0,30$
Sedang	$0,30 \leq g < 0,70$
Tinggi	$g \geq 0,70$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kebutuhan dilakukan melalui survei online menggunakan Google Formulir terhadap 61 peserta didik kelas XI SMA Negeri 68 Jakarta. Hasil menunjukkan bahwa pembelajaran fisika didominasi metode konvensional yang minim interaktivitas. Ekspektasi utama peserta didik terhadap media berbasis teknologi meliputi: penyediaan contoh soal dan langkah penyelesaian (86,9%), bantuan belajar mandiri di luar jam sekolah (86,9%), penjelasan konsep singkat dalam bahasa yang mudah dipahami (83,6%), dan fleksibilitas *chatbot* merespons kapan saja (80,3%). Temuan ini memberikan pembenaran fungsional bagi pengembangan *E-Learning* terintegrasi *chatbot* sebagai media pendukung pembelajaran Fluida Statis.

Pada tahap Desain, peneliti merancang arsitektur *E-Learning* berbasis Moodle yang terintegrasi *chatbot* AI dengan struktur *Blended Learning* Flipped Classroom. Produk dirancang agar dapat diakses lintas perangkat (cross-platform) tanpa instalasi aplikasi tambahan. Komponen utama yang dirancang meliputi: halaman panduan penggunaan, capaian pembelajaran dan alur tujuan pembelajaran (ATP), konten materi terstruktur sesuai fase prakelas, saat kelas, dan pascakelas, *chatbot* fisika yang dipersonalisasi, kuis formatif, dan forum diskusi. Instrumen pretest-posttest dirancang mengacu pada Taksonomi Bloom Revisi dengan distribusi soal pada domain C2, C3, dan C4 sesuai kisi-kisi Fluida Statis.

Tahap pengembangan menghasilkan produk *E-Learning* terintegrasi *chatbot* yang selanjutnya divalidasi oleh tiga dosen ahli Pendidikan Fisika Universitas Negeri Jakarta. Validasi mencakup 33 butir penilaian yang terdistribusi pada aspek materi (12 butir), media (10 butir), dan pembelajaran/bahasa (11 butir). Hasil validasi ditampilkan pada Tabel 2.

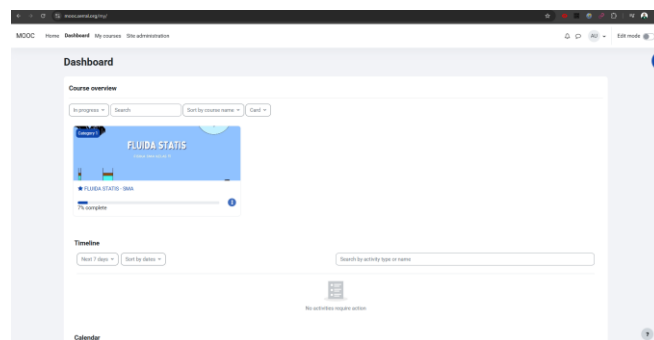
Tabel 3. Hasil Validasi Ahli per Aspek

Aspek	Persentase	Interpretasi
Materi	92%	Sangat Valid
Media	91%	Sangat Valid

Pembelajaran	90%	Sangat Valid
Rata-rata	91%	Sangat Valid

Ketiga aspek secara konsisten memperoleh interpretasi Sangat Valid dengan rata-rata keseluruhan 91%. Aspek materi memperoleh persentase tertinggi (92%) yang mengindikasikan keakuratan konsep fisika yang disajikan *chatbot* dan kesesuaiannya dengan Capaian Pembelajaran Fase F Kurikulum Merdeka. Aspek media (91%) mencerminkan kualitas antarmuka pengguna dan fungsionalitas *chatbot* sebagai asisten virtual yang responsif. Aspek pembelajaran (90%) menunjukkan kesesuaian desain instruksional dengan sintaks *Blended Learning Flipped Classroom*.

Berdasarkan masukan kualitatif validator, peneliti melakukan revisi komprehensif pada tiga aspek utama. Pertama, penyertaan buku teks sebagai rujukan pendamping untuk jawaban *chatbot* guna meminimalkan risiko informasi yang tidak akurat. Kedua, penyempurnaan penulisan simbol dan satuan fisika secara konsisten. Ketiga, penambahan keterangan fase (prakelas, saat kelas, pascakelas) pada setiap aktivitas untuk memperjelas alur *Blended Learning* bagi peserta didik. Revisi ini relevan mengingat *chatbot* berbasis AI generatif memiliki potensi menghasilkan informasi yang tampak ilmiah namun kurang akurat secara konseptual [13], [14].



Gambar 1. Bagian dashbaord



Gambar 2. Bagian chatbot



Gambar 3. Bagian Materi

Implementasi dilaksanakan secara luring dan daring selama dua pertemuan (6 JP) dengan melibatkan 30 peserta didik dan satu guru fisika. Sebelum implementasi, guru menilai kelayakan media menggunakan instrumen terpisah. Penilaian guru fisika menghasilkan respons 94% (Sangat Baik), yang menegaskan bahwa media dapat diintegrasikan dengan mudah dalam skenario *Blended Learning* dan tidak mengganggu alur mengajar. Rekapitulasi tanggapan seluruh pengguna disajikan pada Tabel 3.

Tabel 4. Tanggapan Pengguna terhadap Media

Responden	Persentase	Interpretasi
Guru Fisika	94%	Sangat Baik
Peserta Didik	86%	Sangat Baik

Hasil angket tanggapan 30 peserta didik menghasilkan rata-rata 86% (Sangat Baik). Skor tertinggi diperoleh pada item fleksibilitas belajar kapan saja dan di mana saja (91%), kemampuan media memfasilitasi alur pembelajaran *Blended Learning* (90%), dan peran *chatbot* dalam membantu belajar mandiri sebelum kelas (89%). Temuan ini sejalan dengan fungsi *chatbot* yang dirancang khusus untuk mendukung fase pra-kelas dan pasca-kelas dalam sintaks *Blended Learning Flipped Classroom*, sesuai kebutuhan yang teridentifikasi pada tahap analisis kebutuhan [7].

Hasil pretest dan posttest serta analisis N-gain disajikan pada Tabel 4. Seluruh 30 peserta didik menunjukkan peningkatan skor dari pretest ke posttest, dengan 27 dari 30 peserta didik (90%) mencapai kategori Tinggi.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pretest, Posttest, dan N-gain

Data	Pretest	Posttest	<g>	Kategori
Minimum	20,0	87,0	0,67	Sedang
Maksimum	93,3	100,0	1,00	Tinggi
Rata-rata	62,22	97,40	0,93	Tinggi

Nilai N-gain rata-rata sebesar 0,93 berada pada Kategori Tinggi ($g \geq 0,70$) berdasarkan klasifikasi Hake [11]. Nilai ini mengindikasikan bahwa media *E-Learning* terintegrasi *chatbot* yang dikembangkan mampu mendukung peningkatan hasil belajar siswa pada konsep Fluida Statis peserta didik secara substansial. Distribusi nilai N-gain individual menunjukkan bahwa 27 dari 30 peserta didik (90%) berada pada kategori Tinggi dan 3 peserta didik (10%) berada pada kategori Sedang, tanpa ada yang berada pada kategori Rendah. Pola distribusi ini mengindikasikan konsistensi media dalam memfasilitasi peningkatan hasil belajar di seluruh kelompok peserta didik yang terlibat, terlepas dari variasi kemampuan awal yang tercermin dari rentang skor pretest antara 20,0 hingga 93,3.

Tingginya validitas media (91%) mengonfirmasi bahwa pembatasan ruang lingkup *chatbot* secara khusus pada materi Fluida Statis melalui konfigurasi prompt yang terstruktur efektif meminimalkan risiko halusinasi informasi yang menjadi tantangan utama *chatbot* berbasis AI generatif [14]. Hal ini sesuai dengan rekomendasi Gregorcic dan Pendrill [14] yang menekankan perlunya mekanisme kontrol konten dalam penggunaan *chatbot* untuk pembelajaran fisika.

Efektivitas media ini sejalan dengan penelitian Romero-Meza et al. [15] yang menemukan peningkatan belajar signifikan ($p < 0,001$) menggunakan *chatbot* AI sebagai tutor virtual fisika dengan desain quasi-experimental pada 134 peserta didik. Dibandingkan dengan studi tersebut, penelitian ini

menambahkan dimensi integrasi *chatbot* dalam ekosistem LMS (Moodle) yang mendukung alur *Blended Learning* secara terstruktur, bukan sekadar sebagai alat tanya-jawab mandiri.

Tanggapan positif peserta didik terhadap aspek kegunaan (rata-rata 88%) mengindikasikan bahwa fitur *chatbot* yang dapat diakses kapan saja berhasil menjawab kebutuhan belajar berkelanjutan yang teridentifikasi pada tahap analisis kebutuhan. Temuan ini konsisten dengan Lademann et al. [16] yang menemukan *chatbot* AI kustom meningkatkan emosi positif dan efikasi diri peserta didik dalam pembelajaran fisika. Berbeda dengan studi tersebut yang hanya menempatkan *chatbot* sebagai bahan tambahan, penelitian ini mengintegrasikan *chatbot* langsung ke dalam *E-Learning* sehingga lebih mendukung pembelajaran mandiri yang sistematis dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, nilai N-gain 0,93 (Kategori Tinggi) dalam penelitian pengembangan skala terbatas ini mengindikasikan bahwa *E-Learning* terintegrasi *chatbot* yang dikembangkan telah berhasil memenuhi fungsinya sebagai media pembelajaran yang mendukung peningkatan hasil belajar siswa pada konsep Fluida Statis. Temuan ini memperkuat kelayakan produk untuk direkomendasikan dalam implementasi pembelajaran fisika berbasis *Blended Learning* di SMA, sekaligus memberikan dasar empiris awal bagi pengembangan dan pengujian produk lebih lanjut pada konteks pembelajaran yang lebih luas. Sesuai dengan karakteristik penelitian pengembangan model ADDIE, temuan implementasi ini dimaknai sebagai bukti fungsional bahwa media yang dikembangkan layak dan berpotensi meningkatkan hasil belajar peserta didik [9], [12]

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan *E-Learning* terintegrasi *chatbot* berbasis *Blended Learning* pada materi Fluida Statis untuk peserta didik kelas XI SMA menggunakan model ADDIE. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan tiga hal. Pertama, media yang dikembangkan memenuhi kriteria Sangat Valid dengan rata-rata validasi ahli 91% pada ketiga aspek (materi 92%, media 91%, pembelajaran 90%). Kedua, media mendapat tanggapan Sangat Baik dari guru fisika (94%) dan peserta didik (86%), yang mengindikasikan keterbacaan, kemudahan penggunaan, dan relevansi media dalam mendukung alur *Blended Learning*. Ketiga, nilai N-gain rata-rata sebesar 0,93 (Kategori Tinggi) mengindikasikan adanya peningkatan hasil belajar yang cukup besar pada peserta didik dalam konteks penelitian ini.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Uji coba dilaksanakan pada skala terbatas dengan 30 peserta didik dari satu sekolah, sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Untuk penelitian selanjutnya disarankan melakukan uji coba pada skala yang lebih luas dengan melibatkan sekolah dan validator dari institusi yang berbeda, serta mengembangkan konten *chatbot* pada topik fisika lainnya untuk memperluas cakupan pemanfaatan media dalam pembelajaran berbasis *Blended Learning*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Alfad, "Identifitacion of Students' Misconceptions in Static Fluid," *Tarbiyah : Jurnal Ilmiah Kependidikan*, vol. 9, no. 1, p. 12, Jun. 2020, doi: 10.18592/tarbiyah.v9i1.3233.
- [2] Z. U. Irma, S. Kusairi, and L. Yuliati, "Level of Students' Conceptual Understanding of Static Fluid," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2392, no. 1, p. 012020, Dec. 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2392/1/012020.
- [3] X. Deng and Z. Yu, "A Meta-Analysis and Systematic Review of the Effect of Chatbot Technology Use in Sustainable Education," *Sustainability*, vol. 15, no. 4, p. 2940, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15042940.
- [4] L. Labadze, M. Grigolia, and L. Machaidze, "Role of AI chatbots in education: systematic literature review," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 20, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/S41239-023-00426-1.
- [5] J. Yin, T. T. Goh, and Y. Hu, "Interactions with educational chatbots: the impact of induced emotions and students' learning motivation," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 21, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/S41239-024-00480-3.

- [6] S. Padugupati, K. P. Joshi, T. V Chacko, and D. Jamadar, "Designing flipped classroom using Kemp's instructional model to enhance deep learning and self-directed collaborative learning of basic science concepts," *J. Educ. Health Promot.*, vol. 10, no. 1, May 2021, doi: 10.4103/jehp.jehp_1031_20.
- [7] A. Kardosod, K. Rattanakanlaya, L. Noppakun, C. Meechamnan, R. Indratula, and S. Deechairum, "Developing a blended learning curriculum using a digital notebook application for a surgical nursing practicum: The ADDIE model," *Belitung Nurs. J.*, vol. 9, no. 2, pp. 192–197, Apr. 2023, doi: 10.33546/bnj.2324.
- [8] Festiyed, "Developing the Physics Learning Management System (PLMS) to Support Blended Learning Models," *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 15, no. 1, pp. 18–29, 2025, doi: 10.18178/ijiet.2025.15.1.2214.
- [9] R. Maribe. Branch, *Instructional design : the ADDIE approach*. Springer, 2009.
- [10] W. R. S. P. Mulder, N. Khoiri, and M. S. Hayat, "Validitas media pembelajaran IPA berbasis web dengan pendekatan STEAM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik," *Practice of The Science of Teaching Journal: Jurnal Praktisi Pendidikan*, vol. 2, no. 1, pp. 11–17, Apr. 2023, doi: 10.58362/hafecspost.v2i1.31.
- [11] R. R. Hake, "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses," *Am. J. Phys.*, vol. 66, no. 1, pp. 64–74, Jan. 1998, doi: 10.1119/1.18809.
- [12] V. P. Coletta and J. J. Steinert, "Why normalized gain should continue to be used in analyzing preinstruction and postinstruction scores on concept inventories," *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, vol. 16, no. 1, p. 010108, Feb. 2020, doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010108.
- [13] S. Farquhar, J. Kossen, L. Kuhn, and Y. Gal, "Detecting hallucinations in large language models using semantic entropy," *Nature*, vol. 630, no. 8017, pp. 625–630, Jun. 2024, doi: 10.1038/s41586-024-07421-0.
- [14] B. Gregorcic and A.-M. Pendrill, "ChatGPT and the frustrated Socrates," *Phys. Educ.*, vol. 58, no. 3, p. 035021, May 2023, doi: 10.1088/1361-6552/acc299.
- [15] J. Romero-Meza, S. L. Carrillo, J. Ruiz, and J. Sánchez-Guerrero, "Using Artificial Intelligence ChatBots as Disruptive Catalysts to Enhance Physics Learning," *Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol. 423, pp. 199–213, 2025, doi: 10.1007/978-981-96-0235-3_17.
- [16] J. Lademann, J. Henze, and S. Becker, "Augmenting learning environments using AI custom chatbots: Effects on learning performance, cognitive load, and affective variables," *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, vol. 21, no. 1, 2025, doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.010147.