

Optimalisasi Peran Artificial Intelligence (AI) dan Learning of Thinking (LOT) dalam pembelajaran fisika untuk Meningkatkan Kemandirian Belajar Siswa

Asyhari, A. Usman^{1*} dan Faradina²

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Pendidikan Institut Sains dan Kependidikan Kie Raha Maluku Utara

²Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Inovasi Pendidikan Universitas Nahdlatul Ulama Maluku Utara

Email Corresponding Author : asyhariausman@isdikkieraha.ac.id

ABSTRAK

LOT digunakan sebagai tahapan awal pembelajaran guna membangun fondasi pemahaman konseptual, sementara AI dimanfaatkan sebagai fasilitator pembelajaran personal yang adaptif. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh *Artificial Intelligence* (AI) dan *Lower Order Thinking* (LOT) terhadap peningkatan kemandirian belajar siswa dalam mata pelajaran fisika. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen semu yang melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dengan menggunakan AI dan LOT, kemudian kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional. Subjek penelitian adalah 60 siswa kelas XI di SMA Negeri 3 Kota Ternate, yang dibagi menjadi dua kelompok masing-masing 30 siswa. Instrumen yang digunakan berupa angket kemandirian belajar dan panduan observasi aktivitas siswa. Data dikumpulkan melalui *pretest* dan *posttest*, kemudian dianalisis menggunakan uji-t dua sampel independen untuk melihat perbedaan kemandirian belajar antara dua kelompok. Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada skor kemandirian belajar siswa kelompok eksperimen dibandingkan kelompok kontrol. nilai rata-rata *posttest* kelompok eksperimen mencapai 88,73, sedangkan kelompok kontrol mencapai 78,90. Uji independen menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p < 0,05$). AI berperan dalam menyediakan umpan balik otomatis dan jalur belajar yang dipersonalisasi, sedangkan LOT berkontribusi dalam membangun keterampilan dasar yang diperlukan sebelum siswa dapat beralih ke aktivitas berpikir tingkat tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa kolaborasi AI dan LOT dapat menciptakan lingkungan belajar yang tidak hanya efektif dalam penyampaian materi, tetapi juga memberdayakan siswa untuk belajar secara mandiri. Implikasi dari penelitian ini menegaskan pentingnya inovasi teknologi yang selaras dengan pendekatan pedagogis berbasis kognitif dalam mendesain pembelajaran fisika yang adaptif dan memberdayakan.

Kata Kunci: *Artificial Intelligence*; Learning of Thinking; Kemandirian Belajar; Pembelajaran fisika

PENDAHULUAN

Kemandirian belajar telah menjadi salah satu hal yang sangat penting dalam pengembangan kualitas pendidikan abad ke-21, sebagaimana diamanatkan oleh UNESCO bahwa siswa harus memiliki kemampuan untuk belajar secara mandiri, kritis, dan reflektif dalam menghadapi tantangan global (UNESCO, 2021). Di tingkat internasional, penerapan teknologi dalam pembelajaran telah menjadi populer untuk mendukung pembelajaran yang berpusat pada siswa, terutama melalui integrasi kecerdasan buatan AI (*Artificial Intelligence*) (wang et al., 2023). Di Indonesia, laporan PISA tahun 2022 menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan sains,

termasuk fisika, dalam konteks nyata masih rendah, dan sebagian besar siswa belum menunjukkan kemandirian belajar yang memadai (Kemendikbudristek, 2023). Kondisi ini mendorong kebutuhan mendesak untuk mengintegrasikan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya menyampaikan konten, tetapi juga menumbuhkan keterampilan belajar mandiri. Di sisi lain, pembelajaran fisika di tingkat SMA cenderung didominasi pada aktivitas hafalan rumus dan prosedur standar, sehingga kurang inisiatif belajar dari siswa (Yuliana & Prasetyo, 2022). Padahal, fisika merupakan mata pelajaran yang menuntut pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir sistematis, yang seharusnya mendorong eksplorasi mandiri dan pemecahan masalah berbasis konteks Pembelajaran fisika yang efektif harus mengintegrasikan keterampilan proses sains untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini penting agar siswa dapat menerapkan konsep fisika dalam situasi nyata (Mufidah et al., 2023).

Pemanfaatan teknologi berbasis AI dalam pembelajaran mulai banyak dikembangkan saat ini untuk mendukung diferensiasi pembelajaran dan pemberian umpan balik otomatis, dikarenakan teknologi AI mampu merespons kebutuhan belajar individu secara tepat waktu, memungkinkan guru lebih memfokuskan diri pada pembinaan keterampilan metakognitif dan reflektif siswa. Namun, pemanfaatan AI dalam pembelajaran fisika di sekolah-sekolah saat ini masih sangat terbatas dan lebih banyak digunakan untuk tujuan administratif daripada pedagogis (Oss, 2023). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan strategi yang lebih efektif dalam mengintegrasikan teknologi ini ke dalam kurikulum fisika guna meningkatkan kualitas pembelajaran

Di sisi lain, pendekatan pembelajaran *Lower Order Thinking* (LOT) yang berfokus pada proses kognitif dasar seperti mengingat dan memahami konsep dapat dijadikan pijakan penting sebelum siswa bergerak ke tingkat berpikir yang lebih tinggi (HOTS) seperti menganalisis dan mengevaluasi. LOT membantu siswa untuk membangun pemahaman awal yang kuat, sehingga siswa lebih siap untuk belajar secara mandiri dan terarah. Pendekatan ini sangat relevan dalam pembelajaran fisika, di mana konsep-konsep dasar seringkali menjadi fondasi bagi topik-topik lanjutan yang lebih abstrak (Armala et al., 2022).

Integrasi AI dan LOT dalam pembelajaran fisika diyakini dapat membentuk lingkungan belajar yang adaptif dan suportif, di mana teknologi berperan sebagai fasilitator dan LOT sebagai strategi pedagogis yang membimbing. Namun demikian, studi tentang integrasi keduanya masih terbatas. Oleh karena itu, dalam pembelajaran fisika, integrasi strategi kognitif dan teknologi adaptif merupakan kebutuhan yang mendesak agar proses belajar menjadi lebih terstruktur dan mendalam (Sari & Widodo, 2023). Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Diamtana dengan judul “pemanfaatan AI dalam dunia pendidikan” menunjukkan bahwa penggunaan AI khususnya Chat GPT memberikan dampak yang positif bagi siswa yaitu meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan dan keterampilannya (Diamtana 2023). Selain itu, penelitian lain menemukan bahwa pembelajaran berbasis AI dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, namun tidak membahas secara mendalam bagaimana AI dapat digunakan secara strategis dalam struktur pembelajaran fisika (Liu et al., 2022). Sementara itu, kebanyakan pendekatan LOT masih diterapkan secara konvensional tanpa dukungan teknologi yang responsif terhadap kebutuhan individual siswa

Kemandirian belajar merupakan aspek terpenting dalam pendidikan abad ke-21, dimana siswa diharapkan mampu mengelola proses pembelajarannya secara mandiri memilih strategi yang

sesuai, memantau kemajuan belajar, serta mengevaluasi dan merefleksikan proses yang dialami (Zimmerman, 2020). Dalam konteks pembelajaran fisika, kemandirian belajar memungkinkan siswa untuk secara aktif mencari informasi, bereksperimen, dan merefleksikan pemahaman mereka tanpa bergantung sepenuhnya pada instruksi guru. Dalam teori belajar konstruktivisme, kombinasi ini mampu menekankan peran aktif siswa dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman dan interaksi aktif dengan materi dan lingkungan serta teknologi (Vygotsky dalam Mohammed & Kinyo, 2020). Hal ini menjadi landasan teoretis yang relevan untuk memahami bagaimana AI dapat memfasilitasi kemandirian belajar.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pengintegrasian AI dan Learning of Thinking (LOT) secara komprehensif dalam pembelajaran fisika untuk secara spesifik meningkatkan kemandirian belajar siswa. LOT sebagai perangkat pintar yang menekankan pengembangan keterampilan berpikir dasar seperti mengingat, memahami, dan menerapkan, dipandang sebagai fondasi penting sebelum siswa dapat mengembangkan HOTS secara optimal (Rahmawati, D., & Prasetyo, Z. K. (2022). Penelitian ini berargumen bahwa dengan memanfaatkan AI untuk memfasilitasi penguasaan LOT dalam konteks fisika, siswa akan memiliki dasar yang kuat untuk mengembangkan kemandirian dalam belajar, termasuk kemampuan untuk merencanakan, memonitor, dan mengevaluasi proses belajar mereka sendiri.

Fokus utama penelitian ini adalah untuk menganalisis secara empiris pengaruh implementasi model pembelajaran fisika berbasis integrasi AI dan pendekatan *Learning of Thinking* (LOT) terhadap peningkatan kemandirian belajar siswa kelas XI SMA Negeri 3 Kota Ternate. Penelitian ini akan mengukur tingkat kemandirian belajar siswa sebelum dan sesudah implementasi model pembelajaran, serta menganalisis bagaimana interaksi siswa dengan sistem AI dan penekanan pada LOT berkontribusi terhadap perubahan tersebut.

Metode Penelitian

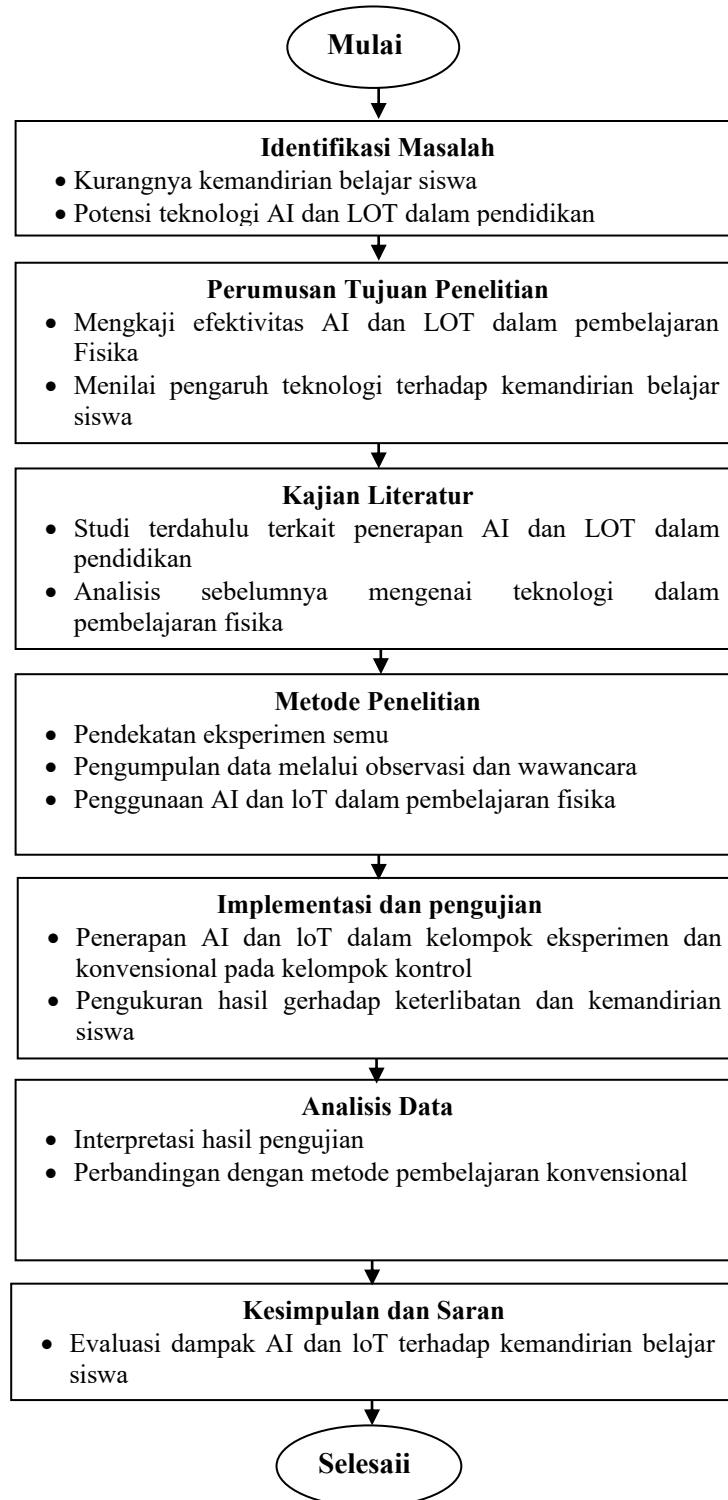
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis eksperimen semu menggunakan *Nonequivalent Control Group Design* dengan melibatkan dua kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. **Kelompok eksperimen** mengikuti pembelajaran fisika menggunakan model pembelajaran berbasis AI yang terintegrasi dengan LOT, sedangkan **kelompok kontrol** mengikuti pembelajaran fisika dengan metode konvensional yang umumnya diterapkan di sekolah, yang biasanya berpusat pada penjelasan guru, pemberian contoh soal, dan penugasan latihan soal tanpa integrasi sistem AI yang adaptif dan fokus eksplisit pada LOT.

Rancangan desain penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	Pembelajaran fisika terintegrasi AI dan LOT	O ₂
Kontrol	O ₁ '	Pembelajaran Konvensional	O ₂ '

Keterangan: O₁ dan O₁': Tes kemandirian belajar sebelum perlakuan dan O₂ dan O₂': Tes kemandirian belajar setelah perlakuan. Dengan desain ini, peneliti dapat mengetahui sejauh mana

pembelajaran fisika terintegrasi AI dan LOT mampu mengoptimalkan kemandirian belajar siswa dibandingkan dengan metode pembelajaran biasa.



Gambar 1. Alur Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas XI SMA Negeri 3 Kota Ternate. Teknik pengambilan sampel digunakan secara *purposive sampling* dengan mempertimbangkan kesetaraan karakteristik kelas dan kesiapan guru dalam melaksanakan perlakuan. Sampel yang digunakan terdiri dari dua kelas dengan total 60 siswa; 30 siswa sebagai kelompok eksperimen yang mendapatkan pembelajaran berbasis AI dan LOT, serta 30 siswa sebagai kelompok kontrol yang mendapatkan pembelajaran konvensional. Variabel penelitian yang digunakan terdiri dari **Variabel independen**: Model pembelajaran fisika terintegrasi AI dan LOT dan **Variabel dependen**: kemandirian belajar.

Instrumen dalam penelitian ini adalah kuesioner kemandirian belajar siswa akan dikumpulkan menggunakan kuesioner skala kemandirian belajar yang valid dan reliabel. Kuesioner ini akan mengukur berbagai aspek kemandirian belajar, meliputi: (1) **inisiatif dan motivasi belajar**: tingkat proaktif siswa dalam memulai dan mempertahankan aktivitas belajar. (2) **Pengaturan tujuan belajar**: Kemampuan siswa dalam menetapkan tujuan belajar yang spesifik, terukur, dapat dicapai, relevan, dan terikat waktu (SMART). (3) **Pemilihan strategi belajar**: Kemampuan siswa dalam memilih dan menggunakan strategi belajar yang efektif. (4) **Pemantauan diri**: Kemampuan siswa dalam memantau kemajuan belajar mereka. (5) **Evaluasi diri**: Kemampuan siswa dalam mengevaluasi hasil belajar dan mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dan (6) **Tanggung jawab belajar**: Tingkat akuntabilitas siswa terhadap proses dan hasil belajarnya.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui (1) **Observasi kelas**: Lembar observasi digunakan untuk mencatat interaksi siswa dengan materi dan sistem AI (untuk kelompok eksperimen) serta interaksi siswa dalam pembelajaran konvensional (untuk kelompok kontrol). (2) **Dokumentasi**: Analisis terhadap hasil belajar siswa (misalnya, nilai tugas dan ujian) dilakukan sebagai data tambahan untuk melihat dampak model pembelajaran terhadap pemahaman konsep fisika. (3) **Wawancara**: Wawancara semi-terstruktur dengan beberapa siswa dari kedua kelompok dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengalaman belajar mereka dan persepsi mereka terhadap kemandirian belajar.

Data dianalisis secara kuantitatif menggunakan bantuan software SPSS versi 26.0. Langkah-langkah analisis data meliputi: (1) Uji Normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov untuk mengetahui distribusi data. (2) Uji Homogenitas Levene digunakan untuk memastikan asumsi uji statistik terpenuhi. (3) Uji-t berpasangan (*paired t-test*) digunakan untuk mengetahui perbedaan antara *pretest* dan *posttest* dalam masing-masing kelompok dan (4) Uji-t independen (*independent sample t-test*) digunakan untuk mengetahui perbedaan hasil kemandirian belajar antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Data dari angket kemandirian belajar dianalisis menggunakan skoring Likert 5 poin dan dihitung nilai rata-rata serta deviasi standarnya. Hasil observasi digunakan untuk mendukung data kuantitatif dan ditabulasi secara deskriptif. Interpretasi hasil dilakukan dengan memperhatikan nilai signifikansi (p-value) dan selisih rata-rata skor kemandirian belajar antara kedua kelompok.

Prosedur penelitian akan dilaksanakan melalui tahapan-tahapan berikut: Tahap 1: **Pengurusan Izin**: Mendapatkan izin dari pihak sekolah yang bersedia menjadi lokasi penelitian. Tahap 2 **Penentuan Sampel**: Memilih kelas yang akan menjadi kelompok eksperimen dan

kelompok kontrol secara acak (berdasarkan kelas yang sudah ada). Tahap 3: **Pengembangan dan Validasi Instrumen:** Menyusun, memvalidasi, dan menguji reliabilitas kuesioner kemandirian belajar. Tahap 4: **Pre-test:** Memberikan kuesioner kemandirian belajar kepada kedua kelompok sebelum implementasi perlakuan. Tahap 5: **Implementasi Perlakuan: Kelompok Eksperimen:** Melaksanakan pembelajaran fisika menggunakan AI dan LOT yang berlangsung selama 4 minggu. **Kelompok Kontrol:** Melaksanakan pembelajaran fisika dengan metode konvensional yang berlangsung selama 4 minggu. Tahap 6: **Post-test:** Memberikan kembali kuesioner kemandirian belajar kepada kedua kelompok setelah selesai implementasi perlakuan. Tahap 7: **Analisis Data:** Menganalisis data yang terkumpul menggunakan uji statistik untuk membandingkan skor kemandirian belajar antara kelompok eksperimen dan kontrol pada saat *post-test*, dan uji-t berpasangan untuk melihat perubahan skor kemandirian belajar dalam setiap kelompok dari *pre-test* ke *post-test*. Data kualitatif dari observasi dan wawancara akan dianalisis dengan teknik analisis tematik untuk mengidentifikasi pola-pola utama terkait dengan respons siswa terhadap model pembelajaran yang diterapkan.

Teknik Analisis Data Kuantitatif *pretest* dan *posttest* akan dianalisis menggunakan uji t untuk sampel berpasangan, untuk menguji perbedaan signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest* di kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada peningkatan kemandirian belajar yang signifikan pada siswa yang mengikuti pembelajaran fisika menggunakan AI dan LOT dibandingkan dengan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Analisis Kualitatif dari data wawancara dan observasi akan dianalisis dengan menggunakan analisis tematik, yang bertujuan untuk mengidentifikasi pola-pola utama terkait dengan implementasi model pembelajaran dan pengalaman siswa dalam proses belajar. Analisis ini akan memberikan gambaran mendalam tentang bagaimana penerapan model pembelajaran ini memengaruhi pemahaman yang mendalam tentang pengalaman belajar dan persepsi siswa terhadap kemandirian belajar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Bagian ini menyajikan hasil analisis data yang telah dikumpulkan untuk menjawab fokus penelitian mengenai pengaruh implementasi model pembelajaran fisika terintegrasi AI dan pendekatan Learning of Thinking (LOT) terhadap peningkatan kemandirian belajar siswa kelas XII. Data yang dianalisis meliputi skor kuesioner kemandirian belajar yang diukur sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) implementasi perlakuan pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

1. Hasil Pretest dan Posttes Kemandirian Belajar

Tabel 1. Rata-rata Nilai *Pretest* dan *Posttest* Kemandirian Belajar

Kelompok	N	Mean Pretest	Mean Posttest	SD	Keterangan
Eksperimen	30	75,20	88,73	13,53	Meningkat secara signifikan
Kontrol	30	74,57	78,90	4,33	Meningkat, namun lebih kecil

2. Uji Normalitas dan Homogenitas

Sebelum melakukan uji hipotesis, uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji homogenitas Levene's Test dilakukan pada data skor *post-test* kemandirian belajar kedua kelompok. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data skor *post-test* kedua kelompok terdistribusi normal ($p > 0.05$). Hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa varians skor *post-test* kedua kelompok homogen ($p > 0.05$). Dengan demikian, asumsi untuk uji statistik parametrik terpenuhi.

Jenis Uji	Kelompok	Nilai p	Keterangan
uji normalitas Shapiro-Wilk	Pretest Eksperimen	0.200	Normal ($p > 0.05$)
	Pretest Kontrol	0.180	Normal ($p > 0.05$)
	Posttest Eksperimen	0.150	Normal ($p > 0.05$)
	Posttest Kontrol	0.120	Normal ($p > 0.05$)
Homogenitas (Levene's Test)	Pretest	0.270	Homogen ($p > 0.05$)
	Posttest	0.020	Homogen ($p > 0.05$)

3. Uji-t independen (*independent sample t-test*)

Untuk menguji hipotesis bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam tingkat kemandirian belajar antara siswa yang mengikuti pembelajaran fisika berbasis AI terintegrasi LOT dan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional setelah implementasi perlakuan, dilakukan uji *independent samples t-test* pada skor *post-test* kemandirian belajar kedua kelompok.

Tabel 2. Hasil Uji *Independent Samples T-test* Skor *Post-test* Kemandirian Belajar

Variabel	t	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Standard Error Difference
Post-test Score	5.321	58	0.000	9.833	1.848
Gain Skor	5.012	58	0.000	9.200	1.830

Berdasarkan Tabel 2, hasil uji *independent samples t-test* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor rata-rata kemandirian belajar kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada saat *post-test* ($t(58) = 5.321$, $p < 0.001$). Nilai rata-rata kemandirian belajar kelompok eksperimen secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol dengan perbedaan rata-rata sebesar 9.833.

4. Uji-t berpasangan (*paired t-test*)

Untuk melihat peningkatan skor kemandirian belajar dalam masing-masing kelompok dari *pre-test* ke *post-test*, dilakukan uji *paired samples t-test*.

Tabel 3. Hasil Uji *Paired Samples T-test* Peningkatan Skor Kemandirian Belajar

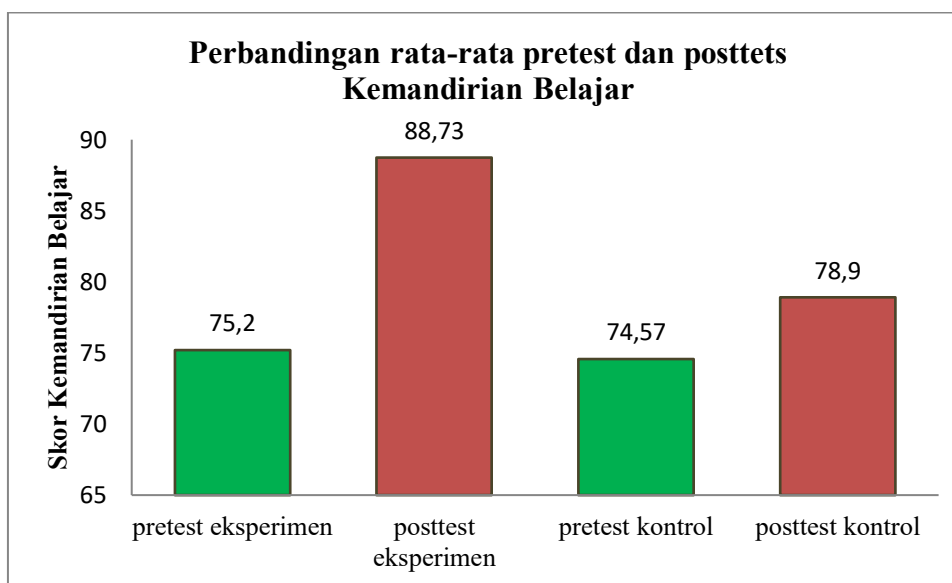
Kelompok	Mean Difference	SD Difference	T	df	Sig. (2-tailed)
Eksperimen	13.533	5.251	14.102	29	0.000

Kontrol	4.333	4.876	4.879	29	0.000
---------	-------	-------	-------	----	-------

Hasil uji *paired samples t-test* pada Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat peningkatan skor kemandirian belajar yang signifikan secara statistik dari *pre-test* ke *post-test* baik pada kelompok eksperimen ($t(29) = 14.102$, $p < 0.001$) maupun kelompok kontrol ($t(29) = 4.879$, $p < 0.001$). Namun, rata-rata peningkatan skor kemandirian belajar pada kelompok eksperimen ($M = 13.533$) jauh lebih besar dibandingkan dengan kelompok kontrol ($M = 4.333$).

5. Visualisasi Data: Diagram Perbandingan Skor Rata-rata

Gambar 1. Diagram Batang Skor Rata-rata Pretest dan Posttest



Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada kemandirian belajar siswa kelas eksperimen setelah diterapkannya pembelajaran fisika berbasis AI dan LOT. Hal ini ditunjukkan oleh kenaikan skor rata-rata dari *pretest* sebesar **75.20** menjadi **88.73** pada *posttest*. Sementara itu, kelas kontrol yang mendapatkan pembelajaran konvensional juga mengalami peningkatan, namun tidak sebesar kelas eksperimen, yaitu dari **74,57** menjadi **78,90**.

Peningkatan signifikan pada kemandirian belajar siswa setelah diterapkan pembelajaran berbasis AI dan LOT (kelompok eksperimen) menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam membentuk siswa yang lebih reflektif dan bertanggung jawab atas proses belajarnya. Hal ini sejalan dengan pendapat dari Akgun & Greenhow yang menyatakan AI sebagai agen pendukung belajar mandiri, terbukti dapat memberikan akses informasi yang cepat, fleksibel, dan interaktif yang mendorong siswa untuk lebih aktif mencari pengetahuan (Akgun & Greenhow, 2021).

Sebaliknya, siswa di kelompok kontrol yang masih menggunakan metode ceramah cenderung pasif dan kurang termotivasi untuk menumbuhkan keterampilan belajar mandiri, sehingga menghambat tumbuhnya inisiatif belajar siswa. Akibatnya, meskipun ada peningkatan

skor, kenaikannya tidak sebesar kelas eksperimen. Ini menunjukkan keterbatasan pendekatan pembelajaran yang bersifat satu arah dan tidak responsif terhadap kebutuhan belajar yang beragam.

Integrasi AI dan LOT dalam pembelajaran terbukti mendorong keterlibatan kognitif siswa. dimana LOT berfungsi sebagai jembatan awal dalam pengembangan higher-order thinking skills (HOTS) jika dikemas dalam pendekatan berbasis inkuiri (Suastra et al., 2021). Hasil ini sejalan dengan studi oleh Ningsih et al., yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis pertanyaan mampu meningkatkan kemandirian serta keaktifan belajar siswa, terutama jika dikombinasikan dengan teknologi digita (Ningsih et al., 2020),

Secara keseluruhan, temuan ini memperkuat pentingnya peran AI dan LOT dalam pembelajaran fisika dalam meningkatkan kemandirian belajar siswa. Pendekatan ini tidak hanya memberikan fasilitasi mereka dalam pemahaman secara mendalam tentang pengalaman belajar, tetapi juga memberikan persepsi siswa terhadap kemandirian belajar.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran fisika terintegrasi AI dan LOT dapat meningkatkan kemandirian belajar siswa secara signifikan dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Hal ini terlihat dari peningkatan rata-rata skor *posttest* kelompok eksperimen yang mencapai 88,73, lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yaitu 78,90. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas peran *Artificial Intelligence* (AI) dan *Lower Order Thinking* (LOT) terhadap peningkatan kemandirian belajar siswa dalam pembelajaran fisika. Berdasarkan hasil analisis data, ditemukan bahwa terdapat peningkatan signifikan pada kemandirian belajar siswa yang mengikuti pembelajaran fisika terintegrasi AI dan LOT dibandingkan dengan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional.

Perbandingan Skor Kemandirian Belajar Antara Kelompok Eksperimen dan Kontrol (*Post-test*)

Peningkatan kemandirian belajar secara signifikan pada kelompok eksperimen menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran fisika terintegrasi AI dan LOT mampu memberikan pengaruh positif terhadap pemahaman dan keterampilan ilmiah siswa. Hal ini sejalan dengan pendapat Zhang, et.al, yang menyatakan bahwa pembelajaran fisika berbasis AI berkontribusi pada peningkatan ketrampilan visualisasi dan berpikir konseptual siswa (Zhang, et.al, 2024). Dalam penelitian ini, siswa diberikan ruang belajar yang tidak hanya interaktif secara teknologi tetapi juga adaptif terhadap kemampuan berpikir dan belajar mereka, sehingga menciptakan belajar yang kondusif dan adaptif.

Artificial Intelligence (AI) dan *Lower Order Thinking* (LOT) dirancang dengan prinsip pembelajaran berbasis data dapat membantu mengidentifikasi kesulitan siswa sejak dini dan menyediakan umpan balik yang kontekstual. Dari sisi teori, temuan ini memperkuat gagasan Vygotsky tentang *scaffolding*, di mana AI bertindak sebagai *digital scaffolder* yang membantu siswa menyelesaikan tugas-tugas dalam *zone of proximal development* mereka (dalam Wibowo & Herminarto, 2020). Disisi lain, LOT menciptakan ruang untuk pengembangan pertanyaan tingkat

rendah yang dapat dijadikan fondasi untuk berpikir kritis dan eksploratif (Brookhart, 2020). Dalam konteks pembelajaran fisika, AI membantu memvisualisasikan konsep abstrak melalui simulasi dan penjelasan penerapan berbagai literasi dalam satu media yang berkontribusi langsung pada pemahaman konsep, sedangkan Integrasi LOT dalam modul pembelajaran terbukti mendorong keterlibatan kognitif siswa.

Untuk Kelompok kontrol yang mengikuti pembelajaran konvensional juga mengalami peningkatan, namun tidak sebaik kelompok eksperimen. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran konvensional yang digunakan oleh kelompok kontrol masih belum memenuhi kebutuhan belajar siswa yang beragam. Metode ceramah yang bersifat satu arah dan seragam cenderung mengabaikan perbedaan individual siswa. Kemandirian belajar yang meningkat menunjukkan bahwa siswa tidak hanya bergantung pada guru sebagai sumber utama belajar, melainkan telah memanfaatkan AI sebagai *learning partner* yang kontekstual dan responsif. Hal ini berbeda dari temuan Waluyo et al. yang menyatakan bahwa penggunaan teknologi pembelajaran, termasuk AI cenderung pasif jika tidak didukung strategi pedagogis yang tepat (Waluyo et al., 2024). Maka dari itu, kehadiran LOT sebagai *stimulus pedagogik* menjadi kunci diferensial dari hasil penelitian ini. Selain itu, dimensi pemahaman konsep fisika yang meningkat menunjukkan bahwa teknologi tidak hanya mempercepat akses informasi, tetapi juga membantu proses kognitif dalam memahami struktur materi yang kompleks. Penemuan ini mendukung hasil dari penelitian Zhang et al. (2024) yang menyatakan bahwa pembelajaran fisika berbasis AI berkontribusi pada peningkatan keterampilan visualisasi dan berpikir konseptual siswa. Sehingga, peran AI dan LOT terbukti memperkaya lingkungan belajar dan mendorong perubahan paradigma dari pembelajaran berbasis guru ke pembelajaran berbasis siswa. Pembelajaran fisika yang sebelumnya dianggap sulit, kini menjadi lebih menarik dan menantang melalui personalisasi dan pemberdayaan teknologi.

Dengan demikian, hasil penelitian ini merekomendasikan bahwa guru fisika perlu mengembangkan perangkat pembelajaran inovatif yang menggabungkan pendekatan LOT dan pemanfaatan AI secara proporsional. Selain itu, pelatihan profesional guru dalam literasi AI juga penting untuk mendukung implementasi strategi ini secara optimal di kelas.

Kesimpulan Hasil Penelitian

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa optimalisasi peran AI dan LOT memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemandirian belajar siswa kelas XI SMAN 3 Kota Ternate. Siswa yang mengikuti pembelajaran fisika terintegrasi AI dan LOT menunjukkan tingkat kemandirian belajar yang secara statistik lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional setelah dilakukan perlakuan. Selain itu, peningkatan skor kemandirian belajar dari sebelum hingga sesudah implementasi perlakuan juga jauh lebih besar pada kelompok eksperimen. Hasil ini memberikan bukti empiris yang mendukung efektivitas integrasi AI dan LOT dalam meningkatkan kemandirian belajar siswa dalam konteks pembelajaran fisika.

REFERENSI

- Akgun, S., & Greenhow, C. (2021). Artificial intelligence in education: Addressing issues of equity, teacher agency, and student learning. *British Journal of Educational Technology*, 52(4), 1605–1618.
- Armala, I., Fauziati, E., & Asib, A. (2022). Exploring Students' LOTS and HOTS in Answering Reading Questions. *Journal of Educational Technology*, 6(3) 390-397.
- Brookhart, S. M. (2020). *How to Design Questions and Tasks to Assess Student Thinking*. ASCD.
- Diantama. (2023). Pemanfaatan Artificial Intelegent (AI) dalam Dunia Pendidikan. *DEWANTECH Jurnal Teknologi Pendidikan*, 1(1), 8-14.
- Hwang, G. J., Chen, C. H., & Wang, S. Y. (2023). Artificial intelligence in STEM education: A review of recent research and future directions. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2022). *Merdeka Belajar: Kebijakan dan Implementasi*. Jakarta: Kemendikbudristek.
- Li, X., Wang, Y., Zhang, L., & Chen, Q. (2024). Personalized learning support through an AI-powered intelligent tutoring system in high school physics. *Smart Learning Environments*, 11(1), 1-15
- Mazaimi, Z., & Sary, I. (2023). Perbandingan Efektivitas Pembelajaran Tradisional dan Pembelajaran Berbasis Video di Sekolah Menengah Atas
- Miasari, R. S., Indar, C., Pratiwi, P., Purwoto, P., Salsabila, U. H., Amalia, U., & Romli, S. (2022). TEKNOLOGI PENDIDIKAN SEBAGAI JEMBATAN REFORMASI PEMBELAJARAN DI INDONESIA LEBIH MAJU. *Jurnal Manajemen Pendidikan Al Hadi*, 2(1). <https://doi.org/10.31602/jmpd.v2i1.6390>
- Mufidah, E. S., Rahmawati, R., & Kurniawan E. (2023). Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Berbasis Keterampilan Proses Sains. *Saintifik*. <https://doi.org/10.31605/saintifik.v9i2.465>
- Mohammed, S., & Kinyo, L. (2020). Constructivist theory as a foundation for the utilization of digital technology in the lifelong learning process. *The Turkish Online Journal of Distance Education*, 21 (4)1302-6488.
- Ningsih, T., Lestari, H., & Dewi, A. (2020). Pengembangan perangkat ajar LOT-HOTS untuk meningkatkan kemandirian belajar. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 16(1), 29–36.
- Oss, S. (2023). Artificial intelligence at school: please handle with care. *Physics Education*. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/acd7c0>
- Rahayu, D. S., Nurhasanah, S., & Fitriana, R. (2021). LOT dalam pembelajaran berbasis blended learning: Sebuah pendekatan diferensial. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 13(3), 211–219.
- Rahmawati, D., & Prasetyo, Z. K. (2022). Integrating Smart Devices to Enhance Lower Order Thinking Skills in Primary Education. *International Journal of Instructional Technology and Educational Studies*, 8(2), 112–120.
- Sari, N. P., & Widodo, A. (2023). The Role of Digital Learning Tools in Developing Students' Basic Thinking Skills. *Journal of Educational Technology*, 17(1), 23–34.
- Suastra, I. W., Sariani, N. L., & Redhana, I. W. (2021). Pengaruh model pembelajaran berbasis pertanyaan terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(2), 177–185.
- UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policymakers*. UNESCO Publishing.

- Waluyo, U., Soepriyanti, H., Fitriana, E., Munanadar, A, A, O, L. (2024). Pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) sebagai Sistem Pendukung (Supporting System) Kegiatan Intrakurikuler di SMAN 1 Montong Gading – Lombok Timur. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 7(4). <https://doi.org/10.29303/jpmppi.v7i4.10053>
- Wang, T., Lund, B. D., Marengo, A., Pagano, A., Teel, Z. (Abbie), & Pange, J. (2023). Exploring the Potential Impact of Artificial Intelligence (AI) on International Students in Higher Education: Generative AI, Chatbots, Analytics, and International Student Success. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app13116716>
- Wibowo, S., & Herminarto, A. (2020). Relevansi teori Vygotsky dalam implementasi pembelajaran berbasis teknologi digital. *Jurnal Teori dan Praksis Pembelajaran*, 5(1), 12–20.
- Yuliana, R., & Prasetyo, Z. K. (2022). Analisis Pembelajaran Fisika Berbasis Kompetensi di SMA: Tantangan dan Solusi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 115–124.
- Zhang, J., Lee, M., & Park, Y. (2024). Conceptual understanding in physics through AI-powered simulations. *International Journal of Science Education*, 46(1), 88–104.
- Zhang, Y., Liu, F., & Wang, J. (2022). The effects of an AI chatbot on students' learning achievement and anxiety in physics education. *Educational Technology & Society*, 25(3), 1-12.
- Zimmerman, B. J. (2020). Self-regulated learning: An overview. In D. H. Schunk & J. A. Greene (Eds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 3-16). Routledge