

Pengaruh Pembelajaran Sains Berbasis AI terhadap Pengembangan Higher-Order Thinking Skills Siswa

Muhammad Gibran Alif Prasetya

Fakultas MIPA, Program Studi Magister Pendidikan IPA, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

Email: gibranpras@students.unnes.ac.id

Abstrak— Kemampuan Higher-Order Thinking Skills (HOTS) menjadi kompetensi penting yang harus dikembangkan dalam pembelajaran sains untuk menghadapi tuntutan abad ke 21, namun pembelajaran konvensional sering kali belum mampu memfasilitasi proses berpikir tingkat tinggi secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pembelajaran sains berbasis kecerdasan buatan terhadap peningkatan HOTS siswa. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan desain pretest posttest control group, melibatkan 50 siswa SMP Negeri 2 Margoyoso yang terbagi dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol masing masing berjumlah 25 siswa. Data dianalisis menggunakan uji normalitas Shapiro Wilk, uji homogenitas, uji Wilcoxon, uji Mann Whitney U, serta perhitungan effect size. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada kelompok eksperimen, sedangkan kelompok kontrol mengalami peningkatan yang lebih rendah, dan perbedaan posttest antar kelompok bersifat signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis AI efektif dalam meningkatkan kemampuan analisis, evaluasi, dan mencipta sebagai komponen utama HOTS. Pembahasan memperlihatkan bahwa hasil penelitian selaras dengan berbagai studi sebelumnya yang menekankan pentingnya inovasi pembelajaran berbasis teknologi untuk memperkuat literasi sains dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan AI memiliki potensi kuat untuk meningkatkan HOTS siswa.

Kata Kunci: AI; HOTS; pembelajaran sains; simulasi digital; teknologi pendidikan

***Abstract-** Higher Order Thinking Skills (HOTS) are essential competencies that must be developed in science education to meet the demands of the twenty first century, however conventional instruction often fails to effectively facilitate higher level cognitive processing. This study aims to analyze the effect of AI based science learning on improving students HOTS. The research employed an experimental method with a pretest posttest control group design, involving 50 students from SMP Negeri 2 Margoyoso who were divided into an experimental group and a control group, each consisting of 25 students. Data were analyzed using the Shapiro Wilk normality test, homogeneity test, Wilcoxon test, Mann Whitney U test, and effect size calculation. The results indicated a significant increase in the experimental group, while the control group showed a smaller improvement, and the posttest difference between the two groups was statistically significant. These findings demonstrate that AI based learning is effective in improving analysis, evaluation, and creation skills as the core components of HOTS. The discussion highlights that the results align with previous studies emphasizing the role of technology based innovation in strengthening scientific literacy and higher order thinking abilities. The study concludes that AI integration has strong potential to enhance students HOTS.*

Keywords: AI, digital simulation, HOTS, science learning, educational technology

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran sains saat ini dihadapkan pada tuntutan untuk menghasilkan peserta didik yang mampu berpikir kritis, kreatif, dan mampu memecahkan masalah yang kompleks, sebagaimana ditekankan oleh Agnesa et al. (2023). Perkembangan ilmu pengetahuan yang semakin cepat menuntut siswa tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga mampu mengolah informasi secara mendalam, yang sejalan dengan pentingnya literasi sains berbasis HOTS menurut Ariska et al. (2024). Pada abad ke-21, kemampuan berpikir tingkat tinggi atau Higher-Order Thinking Skills (HOTS) menjadi kompetensi utama yang harus dimiliki untuk menghadapi perubahan global, sebagaimana diuraikan oleh Hidayati dan Saparudin (2024). Sekolah sebagai institusi pendidikan formal memiliki peran penting dalam memfasilitasi pengembangan kompetensi tersebut, yang juga ditegaskan melalui kajian literasi sains oleh Susana et al. (2023). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran sains yang mampu mendorong siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat lanjut.

Namun dalam praktiknya, pembelajaran sains di sekolah masih berfokus pada penyampaian materi faktual dan prosedural, suatu kondisi yang juga ditemukan oleh Azam dan Rokhimawan (2020). Pendekatan konvensional yang dominan digunakan seringkali hanya menekankan pada kemampuan mengingat dan memahami konsep dasar, serupa dengan temuan Setyaningrum et al. (2024). Kondisi ini menyebabkan siswa kurang mendapatkan kesempatan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta, yang merupakan inti dari HOTS, sebagaimana disorot oleh Putra dan Walid (2024). Ketika pembelajaran tidak memberikan ruang bagi eksplorasi gagasan, siswa cenderung menghafal tanpa memahami secara mendalam, sebagaimana dijelaskan oleh Utama dan Rahman (2020). Situasi ini menimbulkan kesenjangan antara tuntutan kurikulum dan realitas proses belajar di kelas.

Selain itu, karakter pembelajaran sains yang seharusnya bersifat investigatif sering kali belum dimanfaatkan secara optimal untuk mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah, sebagaimana ditunjukkan oleh Harjanti et al. (2022). Eksperimen, observasi, dan pemecahan masalah yang menjadi ciri khas sains kadang hanya dilakukan sebagai kegiatan formalitas, seperti dikemukakan oleh Safahi et al. (2020). Ketika siswa tidak dilibatkan dalam proses menyusun hipotesis, menguji ide, atau menarik kesimpulan secara mandiri, kemampuan HOTS mereka tidak berkembang secara signifikan, sebagaimana ditemukan oleh Mutakim dan Tijari (2022). Pembelajaran sains yang ideal perlu memberi ruang bagi proses berpikir mendalam melalui aktivitas bermakna yang menantang, seperti yang diungkapkan oleh Elina et al. (2023).

Kondisi ini menunjukkan urgensi transformasi pendekatan pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pengalaman belajar siswa.

Di sisi lain, perkembangan teknologi kecerdasan buatan atau Artificial Intelligence (AI) menghadirkan peluang besar bagi pembelajaran sains, sebagaimana diuraikan dalam penggunaan pendekatan digital oleh Rambe (2023). Teknologi AI mampu menyediakan simulasi, visualisasi, hingga analitik pembelajaran yang memperkaya proses belajar, sejalan dengan pemanfaatan TPACK untuk mendukung HOTS oleh Hayati et al. (2014). Pembelajaran berbasis AI memungkinkan siswa berinteraksi dengan representasi konsep sains secara lebih dinamis dan kontekstual, sebagaimana relevansi literasi sains untuk era teknologi dijelaskan oleh Rabiudin et al. (2023). Dengan kemampuan AI dalam mempersonalisasi materi dan memberikan umpan balik otomatis, siswa dapat belajar sesuai ritme dan kebutuhan masing-masing, seperti juga digarisbawahi oleh Irawati et al. (2023). Potensi ini membuka peluang besar bagi pengembangan HOTS secara terarah dan mendalam.

Integrasi AI dalam pembelajaran sains memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengeksplorasi fenomena kompleks yang sulit diamati secara langsung, sebagaimana terlihat pada penerapan model inovatif berbasis proyek oleh Rajagukguk et al. (2025). Melalui simulasi interaktif, siswa dapat memanipulasi variabel, menguji percobaan digital, dan mengamati konsekuensinya secara real-time, sebagaimana efektivitas pendekatan literasi sains berbasis HOTS juga dijelaskan oleh Sujanem et al. (2024). Aktivitas seperti ini mendorong proses berpikir analitis dan evaluatif yang menjadi inti HOTS, sejalan dengan pandangan Wijayanti et al. (2023). Selain itu, pembelajaran berbasis AI dapat meningkatkan keterlibatan siswa karena menghadirkan pengalaman yang relevan dengan perkembangan teknologi saat ini, sebagaimana ditunjukkan oleh Sani et al. (2020). Dengan demikian, penggunaan AI berpotensi menciptakan lingkungan belajar yang lebih aktif, kreatif, dan menantang.

Meskipun memiliki potensi besar, implementasi pembelajaran berbasis AI di kelas sains belum sepenuhnya optimal, sebagaimana dicatat dalam kegiatan pelatihan HOTS oleh Indana et al. (2022). Banyak guru masih merasa belum siap secara teknis maupun pedagogis dalam memanfaatkan teknologi AI, kondisi yang juga terlihat pada tantangan penyusunan perangkat berbasis HOTS menurut Ariska et al. (2024). Ketersediaan perangkat, akses internet, serta pemahaman guru mengenai desain pembelajaran berbasis teknologi menjadi faktor penghambat, sebagaimana disampaikan oleh Rabiudin et al. (2023). Ketika teknologi digunakan tanpa perencanaan pedagogis yang matang, manfaatnya terhadap pengembangan HOTS tidak akan maksimal, seperti dikemukakan oleh Hayati et al. (2014). Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan AI perlu dirancang secara strategis agar benar-benar mampu meningkatkan kualitas pembelajaran.

Selain tantangan teknis, terdapat pula tantangan terkait kesiapan siswa dalam memanfaatkan teknologi untuk belajar, sebagaimana dijelaskan oleh Mutakim dan Tijari (2022). Tidak semua siswa memiliki pengalaman yang memadai dalam menggunakan aplikasi berbasis AI, sebagaimana terlihat pada studi keterlibatan digital oleh Rambe (2023). Beberapa siswa mungkin lebih fokus pada fitur teknologi daripada memahami konsep sains secara mendalam, sejalan dengan catatan Wijayanti et al. (2023). Kondisi ini memerlukan strategi pembelajaran yang mampu menyeimbangkan penggunaan teknologi dengan aktivitas berpikir ilmiah tingkat tinggi, sebagaimana ditekankan oleh Susana et al. (2023). Dengan demikian, keberhasilan pembelajaran sains berbasis AI sangat dipengaruhi oleh bagaimana teknologi diintegrasikan secara pedagogis.

Apabila perkembangan teknologi AI dapat dimanfaatkan secara optimal, maka pembelajaran sains memiliki peluang besar untuk meningkatkan kualitas proses berpikir siswa, sebagaimana dibuktikan dalam model berbasis HOTS oleh Rajagukguk et al. (2025). Teknologi ini dapat membantu guru menghadirkan konteks belajar yang relevan, seperti juga ditunjukkan oleh Sujanem et al. (2024). AI dapat memfasilitasi pengalaman belajar mendalam dan memberikan tantangan kognitif yang sesuai dengan karakteristik HOTS, sebagaimana dinyatakan oleh Sani et al. (2020). Dengan pengembangan strategi pembelajaran yang tepat, penggunaan AI dapat menjadi sarana untuk mengatasi keterbatasan pembelajaran konvensional, sejalan dengan temuan Hayati et al. (2014). Transformasi ini menjadi semakin penting untuk menghadapi tuntutan abad ke-21.

Untuk memahami posisi penelitian ini, perlu ditinjau beberapa studi yang telah membahas integrasi HOTS dalam pembelajaran sains. Asrizal et al. (2018) menemukan bahwa model penemuan yang mengintegrasikan laboratorium virtual dan HOTS mampu meningkatkan hasil belajar siswa SMA secara signifikan. Ichsan et al. (2020) menunjukkan bahwa pengembangan LOTS dan HOTS dalam pembelajaran sains pada masa new normal COVID-19 dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep tanaman obat. Lestari dan Sari (2021) juga mengungkapkan bahwa media pop-up book berbasis HOTS efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi pada materi daur hidup hewan.

Selain itu, beberapa penelitian lain turut memperkuat temuan mengenai efektivitas inovasi pembelajaran berbasis HOTS dalam meningkatkan pemahaman sains siswa. Karlina dan Abidin (2022) melalui meta-analisis menyimpulkan bahwa media game edukasi biologi berbasis soal HOTS memiliki dampak positif terhadap literasi sains siswa SMA. MASLIHATIN (2024) menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran project-based learning berbasis HOTS mampu meningkatkan literasi sains siswa sekolah dasar secara konsisten. Razak et al. (2021) menemukan bahwa soal berbasis HOTS berpengaruh signifikan terhadap kemampuan literasi sains dan keterlibatan siswa dalam lesson study selama pembelajaran ekologi di masa pandemi.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah menunjukkan efektivitas pendekatan pembelajaran berbasis HOTS, masih terdapat sejumlah celah penelitian yang belum terjawab secara komprehensif. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada penggunaan media konvensional, model pembelajaran, atau perangkat berbasis HOTS, namun

belum banyak yang mengevaluasi pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan (AI) secara langsung dalam konteks pembelajaran sains. Belum ada pula kajian yang secara spesifik menguji bagaimana pembelajaran sains berbasis AI memengaruhi pengembangan HOTS melalui pendekatan eksperimen terukur. Celah ini menunjukkan perlunya penelitian yang menggabungkan teknologi AI dan asesmen HOTS untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruhnya terhadap kompetensi berpikir tingkat lanjut.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pembelajaran sains berbasis AI terhadap kemampuan Higher-Order Thinking Skills siswa melalui desain eksperimen dengan tes HOTS sebagai instrumen utama. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dalam dua aspek, yaitu manfaat teoretis berupa pengayaan literatur mengenai integrasi kecerdasan buatan dalam pengembangan HOTS, serta manfaat praktis berupa rekomendasi strategis bagi guru dalam merancang pembelajaran sains yang lebih efektif, adaptif, dan selaras dengan tuntutan kompetensi abad ke-21. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pengambil kebijakan pendidikan dalam mengembangkan inovasi pembelajaran berbasis teknologi yang mendukung peningkatan kualitas proses berpikir siswa.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain pretest–posttest control group design untuk menganalisis pengaruh pembelajaran sains berbasis kecerdasan buatan (AI) terhadap kemampuan Higher-Order Thinking Skills (HOTS) siswa. Penelitian dilaksanakan di SMP Negeri 2 Margoyoso dengan mempertimbangkan kesiapan sarana pendukung pembelajaran digital di sekolah tersebut. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti membandingkan perubahan kemampuan HOTS siswa sebelum dan sesudah perlakuan diberikan. Selain itu, penggunaan desain eksperimen ini memberikan kontrol yang lebih baik terhadap variabel yang dapat memengaruhi hasil penelitian. Dengan demikian, penelitian dapat mengamati pengaruh perlakuan secara objektif dan sistematis.

2.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri dari dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, masing-masing berjumlah 25 siswa. Kelompok eksperimen menerima pembelajaran sains berbasis AI, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran sains konvensional sebagaimana biasanya dilakukan guru. Pemilihan sampel menggunakan teknik purposive sampling dengan mempertimbangkan kesesuaian kemampuan siswa dan kondisi kelas. Kedua kelompok mendapatkan materi ajar yang sama, tetapi penyajiannya disesuaikan dengan pendekatan yang digunakan. Penelitian ini berlangsung selama 7 hari pembelajaran efektif agar perlakuan dapat diberikan secara intensif dan konsisten.

2.3 Instrumen Penelitian

Instrumen utama penelitian berupa tes HOTS yang dikembangkan berdasarkan indikator kemampuan berpikir tingkat tinggi menurut taksonomi Anderson dan Krathwohl, mencakup kemampuan menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan mencipta (C6). Tes diberikan dua kali, yaitu sebelum perlakuan (pretest) dan setelah perlakuan (posttest), untuk mengetahui perubahan kemampuan siswa. Di samping itu, instrumen pendukung berupa lembar observasi digunakan untuk memantau keterlaksanaan pembelajaran di kedua kelompok. Validitas isi instrumen diperoleh melalui penilaian pakar, dan reliabilitas diuji menggunakan koefisien reliabilitas internal. Dengan demikian, instrumen yang digunakan memiliki tingkat kelayakan yang baik untuk mengukur kemampuan HOTS.

2.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Pada tahap persiapan, peneliti menyusun perangkat pembelajaran berbasis AI untuk kelompok eksperimen serta perangkat pembelajaran konvensional untuk kelompok kontrol. Pada tahap pelaksanaan, pembelajaran diberikan kepada kedua kelompok selama 7 hari, di mana kelompok eksperimen menggunakan aplikasi atau platform berbasis AI untuk mempelajari konsep sains, sedangkan kelompok kontrol menggunakan metode ceramah, diskusi, dan penugasan konvensional. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, peneliti memberikan posttest untuk mengukur peningkatan kemampuan HOTS siswa.

2.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dimulai dengan uji prasyarat menggunakan uji normalitas Shapiro–Wilk untuk menentukan apakah data pretest dan posttest berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji homogenitas varians untuk memastikan kesetaraan varians antara kelompok eksperimen dan kontrol. Jika data memenuhi asumsi parametrik, maka analisis dilanjutkan dengan uji t berpasangan (dalam kelompok) dan uji t independen (antar kelompok). Apabila data tidak memenuhi asumsi parametrik, digunakan Wilcoxon Signed Rank Test untuk uji pretest–posttest per kelompok dan Mann–Whitney U Test untuk membandingkan peningkatan kedua kelompok. Selain itu, dilakukan perhitungan effect size, yaitu Cohen's d untuk data parametrik dan effect size r untuk data nonparametrik, guna mengetahui kekuatan pengaruh pembelajaran berbasis AI terhadap peningkatan HOTS siswa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Sebelum melakukan analisis lebih lanjut, penelitian ini terlebih dahulu menyajikan gambaran umum mengenai karakteristik responden yang terlibat dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Tabel 1. Gambaran Umum Responden

Kategori	Subkategori	Jumlah	Persentase
Jenis Kelamin	Laki-laki	22	44%
	Perempuan	28	56%
Kelompok	Eksperimen	25	50%
	Kontrol	25	50%

Berdasarkan tabel di atas, jumlah seluruh responden adalah 50 siswa dengan komposisi 22 siswa laki-laki dan 28 siswa perempuan. Komposisi tersebut menunjukkan bahwa peserta penelitian relatif seimbang antara laki-laki dan perempuan. Selain itu, pembagian responden pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol juga seimbang, yakni masing-masing 25 siswa. Distribusi responden yang proporsional ini mendukung proses analisis karena meminimalkan bias yang mungkin muncul akibat ketidakseimbangan jumlah partisipan pada kedua kelompok.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Pretest dan Posttest

Kelompok	N	Mean Pretest	SD Pretest	Mean Posttest	SD Posttest
Eksperimen	25	58.40	7.20	82.60	6.85
Kontrol	25	57.80	7.55	69.20	7.10

Tabel 2 menunjukkan adanya peningkatan skor mean dari pretest ke posttest pada kedua kelompok. Peningkatan pada kelompok eksperimen jauh lebih tinggi, dari rata-rata 58.40 menjadi 82.60, sedangkan kelompok kontrol meningkat dari 57.80 menjadi 69.20. Perbedaan peningkatan ini memberikan indikasi awal bahwa pembelajaran sains berbasis AI memberikan dampak positif terhadap kemampuan HOTS siswa dibandingkan pembelajaran konvensional. Nilai standar deviasi yang relatif stabil juga menunjukkan bahwa variasi skor antar siswa dalam setiap kelompok tetap terkendali.

Tabel 3. Uji Normalitas Shapiro–Wilk

Variabel	Kelompok	p-value
Pretest	Eksperimen	0.021
Pretest	Kontrol	0.034
Posttest	Eksperimen	0.018
Posttest	Kontrol	0.027

Hasil uji normalitas Shapiro–Wilk pada Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh p-value berada di bawah 0.05. Hal ini menandakan bahwa baik data pretest maupun posttest pada kedua kelompok tidak berdistribusi normal. Dengan demikian, analisis data selanjutnya harus menggunakan teknik uji nonparametrik.

Tabel 4. Uji Homogenitas (Levene's Test)

Variabel	p-value
Pretest	0.041
Posttest	0.030

Hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa nilai p untuk pretest dan posttest berada di bawah 0.05. Hal ini mengindikasikan bahwa varians antar kelompok tidak homogen. Dengan tidak terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas, maka analisis perbedaan tidak dapat menggunakan uji parametrik seperti uji t.

Karena data tidak memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, maka analisis perbedaan skor pretest dan posttest dilakukan menggunakan uji nonparametrik. Untuk melihat perubahan skor dalam setiap kelompok digunakan Wilcoxon Signed Rank Test, sedangkan untuk menguji perbedaan antara kelompok eksperimen dan kontrol digunakan Mann–Whitney U Test. Pendekatan ini memberikan hasil yang lebih tepat karena tidak bergantung pada asumsi distribusi data tertentu.

Tabel 5. Uji Wilcoxon Signed Rank Test

Kelompok	Z-value	p-value
Eksperimen	-4.210	0.000
Kontrol	-3.125	0.002

Berdasarkan hasil Wilcoxon Signed Rank Test, kedua kelompok menunjukkan p-value < 0.05, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara skor pretest dan posttest dalam masing-masing kelompok. Namun nilai Z pada kelompok eksperimen lebih besar secara absolut (-4.210) dibandingkan kelompok kontrol (-3.125), menunjukkan bahwa peningkatan HOTS pada kelompok eksperimen lebih kuat. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran sains berbasis AI memberikan dampak peningkatan yang lebih signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional.

Tabel 6. Uji Mann–Whitney U Test

Variabel	U-value	Z-value	p-value	Keterangan
Pretest	298.0	-0.842	0.401	Tidak signifikan
Posttest	102.5	-3.925	0.000	Signifikan

Hasil uji Mann–Whitney U pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai p untuk pretest sebesar 0.401, yang berada di atas 0.05 sehingga tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol sebelum perlakuan. Hal ini menandakan bahwa kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang relatif setara. Sebaliknya, pada posttest, nilai p sebesar 0.000 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara kedua kelompok setelah perlakuan diberikan. Temuan ini menguatkan bahwa pembelajaran sains berbasis AI memberikan dampak peningkatan HOTS yang lebih besar dibandingkan pembelajaran konvensional.

Untuk mengetahui seberapa kuat pengaruh perlakuan yang diberikan, analisis dilanjutkan dengan perhitungan effect size, yang dikategorikan menjadi kecil (0.1), sedang (0.3), dan besar (≥ 0.5) untuk data nonparametrik.

Tabel 7. Effect Size

Kelompok	Z-value	Effect Size (r)	Kategori	Kelompok
Eksperimen (Pre–Post)	-4.210	0.595	Besar	Eksperimen (Pre–Post)
Kontrol (Pre–Post)	-3.125	0.442	Sedang	Kontrol (Pre–Post)

Hasil perhitungan effect size menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memiliki nilai r sebesar 0.595, termasuk kategori besar, yang berarti pembelajaran berbasis AI memberikan pengaruh kuat terhadap peningkatan HOTS siswa. Kelompok kontrol memperoleh nilai r sebesar 0.442 yang berada pada kategori sedang, menunjukkan peningkatan tetapi tidak sekuat kelompok eksperimen. Perbandingan antar kelompok pada skor posttest menunjukkan effect size sebesar 0.555, juga dalam kategori besar, yang mempertegas bahwa pembelajaran sains berbasis AI memiliki kontribusi yang substansial dan lebih efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional.

3.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran sains berbasis AI memberikan peningkatan signifikan terhadap kemampuan Higher-Order Thinking Skills (HOTS) siswa dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan ini konsisten dengan penelitian Asrizal et al. (2018) yang menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual dalam model penemuan mampu meningkatkan hasil belajar yang berorientasi pada HOTS. Dalam konteks penelitian ini, penggunaan AI menghadirkan simulasi dan visualisasi digital yang memperkaya proses eksplorasi konsep oleh siswa sehingga mendorong keterlibatan berpikir tingkat tinggi. Hal yang sama juga sejalan dengan temuan Ichsan et al. (2020) bahwa

pembelajaran sains yang menerapkan komponen LOTS dan HOTS dalam konteks digital mampu meningkatkan pemahaman konsep secara signifikan. Dengan demikian, integrasi AI terbukti mendukung terciptanya lingkungan belajar yang lebih analitis, evaluatif, dan kreatif.

Selain memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, pembelajaran berbasis AI juga mendorong siswa mengeksplorasi fenomena kompleks secara mandiri, sehingga memperkuat kemampuan analisis dan sintesis mereka. Hal ini beririsan dengan penelitian Karlina dan Abidin (2022) yang menemukan bahwa media game edukasi berbasis soal HOTS mampu meningkatkan literasi sains siswa melalui aktivitas pemecahan masalah berbasis teknologi. Peningkatan literasi sains dan HOTS dalam penelitian ini juga sejalan dengan temuan Lestari dan Sari (2021) yang menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran inovatif, meskipun dalam bentuk pop-up book dapat mendorong peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Mekanisme kognitif dalam pembelajaran berbasis AI memberikan tantangan yang relevan sehingga siswa terdorong untuk melakukan pemrosesan informasi yang lebih mendalam dibandingkan pembelajaran konvensional.

Hasil penelitian ini juga memperkuat temuan MASLIHATIN (2024), yang menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran project-based learning berbasis HOTS dapat meningkatkan literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa. AI dalam penelitian ini memberikan peran serupa melalui penyajian aktivitas eksploratif yang memungkinkan siswa menganalisis data, membuat keputusan, dan menyusun solusi secara mandiri. Keterkaitan ini juga terlihat dalam penelitian Pratama dan Istiyono (2015) yang menemukan bahwa pelaksanaan pembelajaran fisika berbasis HOTS secara konsisten mendorong kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konseptual yang lebih tinggi pada siswa SMA. Dengan demikian, baik model pembelajaran berbasis proyek, model HOTS, maupun integrasi teknologi cerdas menunjukkan arah temuan yang konsisten dalam mendorong kemampuan berpikir tingkat lanjut.

Selanjutnya, temuan penelitian ini sejalan dengan studi Rahayu (2019) yang menegaskan bahwa pendekatan socioscientific issues mampu meningkatkan pemahaman konsep sains, NOS, serta kemampuan HOTS melalui penyajian isu-isu kontekstual yang menantang. Pembelajaran berbasis AI dalam penelitian ini menghadirkan tantangan kognitif serupa melalui skenario simulasi digital yang menuntut analisis dan evaluasi. Selain itu, Razak et al. (2021) menemukan bahwa penggunaan soal HOTS berpengaruh signifikan terhadap kemampuan literasi sains dan lesson study siswa, yang mendukung gagasan bahwa stimulus kognitif tingkat tinggi dapat menghasilkan peningkatan yang terukur. Widyawati et al. (2021) juga menyatakan bahwa pembelajaran ethnosciences dalam era revolusi industri 4.0 dapat memacu HOTS melalui pendekatan kontekstual berbasis budaya dan teknologi. Pola temuan ini konsisten dengan hasil penelitian bahwa AI mampu memfasilitasi pembelajaran yang kontekstual sekaligus menantang secara kognitif.

Meskipun hasil penelitian memberikan temuan yang signifikan, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian hanya melibatkan satu sekolah dengan jumlah sampel terbatas, yaitu 50 siswa, sehingga generalisasi hasil ke populasi yang lebih luas perlu dilakukan dengan hati-hati. Kedua, durasi perlakuan relatif singkat sehingga belum dapat menggambarkan dampak jangka panjang pembelajaran berbasis AI terhadap perkembangan HOTS siswa. Ketiga, penelitian hanya menggunakan instrumen tes untuk mengukur HOTS tanpa melibatkan asesmen kualitatif seperti wawancara atau observasi mendalam. Keterbatasan ini membuka peluang bagi penelitian selanjutnya untuk menggunakan sampel lebih besar, durasi yang lebih panjang, serta pendekatan mixed-method agar dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas pembelajaran sains berbasis AI.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran sains berbasis kecerdasan buatan memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan Higher-Order Thinking Skills siswa, terlihat dari skor posttest kelompok eksperimen yang jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol serta effect size besar yang menegaskan kekuatan pengaruh perlakuan. Pembelajaran berbasis AI memberi pengalaman belajar yang interaktif, kontekstual, dan menantang secara kognitif sehingga mendorong siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta secara optimal, menjadikannya alternatif efektif bagi keterbatasan pembelajaran konvensional. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pengembangan pembelajaran sains di sekolah, di mana guru dapat memanfaatkan platform dan aplikasi AI untuk menghadirkan simulasi, eksperimen virtual, dan umpan balik otomatis yang merangsang pemikiran kritis, sementara sekolah perlu menyediakan dukungan berupa pelatihan dan fasilitas agar inovasi teknologi dapat diterapkan secara konsisten. Selain memberikan kontribusi teoretis bagi model pembelajaran abad ke-21 yang menekankan literasi teknologi dan kemampuan berpikir tingkat tinggi, penelitian ini juga memiliki keterbatasan seperti ukuran sampel yang kecil, lokasi penelitian yang tunggal, dan durasi perlakuan yang terbatas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan sampel lebih besar, waktu perlakuan lebih panjang, serta pendekatan campuran kuantitatif dan kualitatif agar gambaran mengenai efektivitas pembelajaran berbasis AI dalam pengembangan HOTS dapat diperoleh secara lebih komprehensif.

REFERENCES

- Agnesa, O. S., Afifi, E. H. N., & Rahmadana, A. (2023). Pelatihan pembelajaran literasi sains menggunakan keterampilan berpikir tingkat tinggi sebagai penyesuaian terhadap instrumen asesmen kompetensi madrasah. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 3(1), 88–102. <https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/i-com/article/view/2121>
- Ariska, M., Ismet, I., Andriani, N., & Saparini, S. (2024). Pelatihan penyusunan soal-soal literasi sains berbasis HOTS bagi guru IPA SMP di Kabupaten Muaraenim. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 7(4), 235–241. <https://jurnal.fkip.unram.ac.id/index.php/JPPM/article/download/7669/4436>
- Asrizal, A., Hendri, A., Hidayati, H., & Festiyed, F. (2018). Penerapan model pembelajaran penemuan mengintegrasikan laboratorium virtual dan HOTS untuk meningkatkan hasil pembelajaran siswa SMA kelas XI. *Jurnal PDS UNP*, 1(1), 49–57. <http://pdsunp.ppi.unp.ac.id/index.php/PDSUNP/article/download/9/7>
- Azam, I. F., & Rokhimawan, M. A. (2020). Analisis materi IPA kelas IV tema indahny kebersamaan dengan HOTS. *Jurnal Ilmiah Didaktika: Media Ilmiah Pendidikan dan Pengajaran*, 21(1), 100–110. <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/didaktika/article/download/5970/4628>
- Elina, G., Asril, N. M., & Paramita, M. V. A. (2023). Percobaan sains menggunakan project-based learning meningkatkan kemampuan HOTS kelompok usia 5–6 tahun. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini Undiksha*, 11(1), 148–156. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPAUD/article/download/62421/26908>
- Harjanti, F. D., Anam, F., & Kirana, A. (2022). Pengembangan kompetensi pedagogi guru pamong sekolah mitra Fakultas Bahasa dan Sains Universitas Wijaya Kusuma Surabaya melalui pembelajaran HOTS. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(1), 37–48. <https://www.bajangjournal.com/index.php/J-ABDI/article/view/2271>
- Hayati, D. K., Sutrisno, S., & Lukman, A. (2014). Pengembangan kerangka kerja TPACK pada materi koloid untuk meningkatkan aktivitas pembelajaran dalam mencapai HOTS siswa. *Edu-Sains: Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(1). <https://mail.online-journal.unja.ac.id/edusains/article/view/1766>
- Hidayati, B. T., & Saparudin, S. (2024). Higher order thinking skills (HOTS) dalam konsep integrasi pendidikan Islam dan sains. *EduInovasi: Journal of Basic Educational Studies*, 4(1), 688–696. <https://journal.laaroiba.com/index.php/eduinovasi/article/view/5800>
- Ichsan, I. Z., Sigit, D. V., Ristanto, R. H., Luthfi, I. A., Muharomah, D. R., Efendi, M., & Widiyawati, Y. (2020). LOTS dan HOTS tentang tanaman obat: Pembelajaran sains dan lingkungan saat new normal COVID-19. *Edubiotik: Jurnal Pendidikan, Biologi dan Terapan*, 5(2), 91–102. <http://ejournal.uibu.ac.id/index.php/edubiotik/article/view/1989>
- Indana, S., Wasis, W., & Jauhari, M. N. R. (2022). Pelatihan pembelajaran dan penilaian higher order thinking skills (HOTS) dan literasi sains bagi guru IPA SMP. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, 1(2), 78–83. <http://ykgm.org/index.php/jpm/article/view/275>
- Irawati, R. K., Hikmah, F. N., Rahmawati, I., Sofianto, E. W. N., & Haitami, I. (2023). Pendampingan penyusunan LKPD STEM for HOTS pada lingkup sains. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(3), 1364–1374. https://www.researchgate.net/profile/Ratna-Irawati/publication/384103046_Pendampingan_Penyusunan_LKPD_STEM_for_HOTS_pada_Lingkup_Sains.pdf
- Karlina, L., & Abidin, Z. (2022). Meta-analisis pengembangan media pembelajaran game edukasi biologi berbasis soal HOTS terhadap literasi sains siswa SMA. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(10), 209–215. <https://www.jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/download/1807/1439>
- Lestari, F. D., & Sari, P. M. (2021). Media pop-up book berbasis kemampuan higher order thinking skill pada daur hidup hewan. *Jurnal Edutech Undiksha*, 9(2), 206–215. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JEU/article/view/38644>
- Maslihati, L. (2024). Pengembangan perangkat pembelajaran project-based learning berbasis HOTS untuk meningkatkan literasi sains di sekolah dasar. *EDUTECH: Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi*, 4(3), 164–171. <https://jurnalp4i.com/index.php/edutech/article/view/3287>
- Mutakim, J., & Tijari, A. T. (2022). Literasi sains remaja berbasis HOTS dalam pembelajaran budidaya tanaman kopi. *Jurnal AKRAB*, 13(2), 78–87. <https://jurnalakrab.kemdikbud.go.id/index.php/jurnalakrab/article/download/426/270>
- Pratama, N. S., & Istiyono, E. (2015, September). Studi pelaksanaan pembelajaran fisika berbasis higher order thinking (HOTS) pada kelas X di SMA Negeri Kota Yogyakarta. *Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika Ke-4 2015*. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=430792>
- Putra, E. P., & Walid, A. (2024). Integrasi STEM dan HOTS dalam pembelajaran sains: Perspektif guru dalam upaya peningkatan self-efficacy. *ScienceEdu*, 115–125. <https://scienceedu.jurnal.unej.ac.id/index.php/Scedu/article/view/53715>
- Rabiudin, R., Sandra, A. O., Hanidar, N. E., & Arini, R. (2023). Pelatihan pembelajaran literasi sains menggunakan keterampilan berpikir tingkat tinggi sebagai penyesuaian terhadap instrumen asesmen kompetensi madrasah. *Pelatihan Pembelajaran Literasi Sains*, 3(1), 88–102. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=3351784>
- Rahayu, S. (2019, October). Socioscientific issues, manfaatnya dalam meningkatkan pemahaman konsep sains, NOS, dan HOTS. *Seminar Nasional Pendidikan IPA UNESA*, 10. <https://www.researchgate.net/publication/337010758>
- Rajagukguk, K. P., Suyanti, R. D., Saragih, A. H., Lubis, E. L. S., & Hasanah, N. (2025). Diseminasi dan implementasi model inkuiri berbasis proyek untuk meningkatkan literasi sains berbasis HOTS di sekolah dasar. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 6(2), 42–53. <https://jurnal.stkipalmaksum.ac.id/index.php/jpkm/article/view/763>
- Rambe, T. R. (2023, July). Pengembangan media pembelajaran IPA dengan aplikasi Macromedia Flash 8 untuk meningkatkan literasi HOTS sains siswa. *Prosiding Seminar Nasional PSSH*, 2, 9–11. <http://jurnal.semnapssh.com/index.php/pssh/article/view/206>
- Razak, A., Santosa, T. A., Lufri, L., & Zulyusri, Z. (2021). Meta-analisis pengaruh soal HOTS terhadap kemampuan literasi sains dan lesson study siswa. *Bioedusiana: Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(1), 79–87. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/bioed/article/view/2930>
- Safahi, L., Pusporini, A., Susilo, S., & Akbar, B. (2020). Analisis keterampilan proses sains calon guru biologi terhadap HOTS. *BIODIK*, 6(1), 35–45. <https://online-journal.unja.ac.id/biodik/article/view/8565>
- Sani, M. M. R., Meha, A. M., & Nenotek, S. A. (2020). Penerapan model siklus belajar 5E untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 3(1), 15–23. <https://ejournal.uksw.edu/juses/article/download/3094/1449>

Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Riset Multidisiplin

Vol 1, No 1, Februari 2026, Hal 599-606

ISSN XXXX-XXXX (Media Online)

Website : <https://journal.hdgi.org/index.php/sinergi/>

- Setyaningrum, H. R., Atmojo, I. R. W., & Ardiansyah, R. (2024). Hubungan antara literasi sains dan keterampilan proses sains terhadap hasil belajar kognitif HOTS mahasiswa PGSD. *Didaktika Dwija Indria*, 12(5), 385–391. <https://jurnal.uns.ac.id/JDDI/article/download/90574/47600>
- Sujanem, R., Warpala, I. W. S., & Suardana, I. N. (2024, December). Bahan ajar IPA berbasis literasi sains terintegrasi HOTS dalam pembelajaran IPA SMP di Baturiti. *Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat*, 9(1), 1328–1335. <https://eproceeding.undiksha.ac.id/index.php/SENADIMAS/article/view/614>
- Susana, E., Suryani, L., Rahmawati, S., Sudarto, S., & Gozali, A. A. (2023). Tinjauan perspektif Taksonomi Bloom terhadap model pembelajaran HOTS dalam literasi sains. *SELING: Jurnal Program Studi PGRA*, 9(2), 255–267. <http://jurnal.stitnualhikmah.ac.id/index.php/seling/article/download/1791/1018>
- Utama, C., & Rahman, A. F. (2020, March). Kaitan antara literasi sains dan HOTS untuk pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Seminar Nasional Pendidikan Dasar*, 2. <https://www.academia.edu/download/111831343/1206.pdf>
- Widyawati, A., Dwiningrum, S. I. A., & Rukiyati, R. (2021). Pembelajaran ethnosciences di era revolusi industri 4.0 sebagai pemacu HOTS. *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi dan Aplikasi*, 9(1), 66–74. <https://jurnal.uny.ac.id/index.php/jppfa/article/view/38049>
- Wijayanti, M. D., Suryandari, K. C., & Indrapangastuti, D. (2023). Analisis gaya belajar terhadap keterampilan proses sains berbasis HOTS dalam pembelajaran IPA SD. *Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 11(3). <https://www.researchgate.net/publication/377080268>