

## Peran Robot Berbasis Kecerdasan Buatan dalam Pembelajaran

**Muhammad Arief Rochman**

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Indonesia

Email: muhammad.rochman@uin-suka.ac.id

---

### Keywords:

Learning Robots; Artificial Intelligence; Education.



This is an open access article under the CC BY-SA license.

Copyright © 2026 by Author. Published by  
Riviera Publishing

---

### Kata Kunci:

Robot Pembelajaran; Kecerdasan Buatan; Pendidikan.

---

### Abstract

*Transformation in education has been driven by the rapid advancement of artificial intelligence (AI), which has given rise to AI-based robots that function as learning media and learning partners. This study sets out to examine how AI-based robots function within learning contexts, based on an analysis of twenty-six English- and Indonesian-language documents published over the period 2016-2026. A descriptive qualitative approach was used, with documents as the data source, content analysis as the data collection technique, purposive sampling as the sampling technique, theoretical triangulation for data validity, and applying the Miles and Huberman interactive model in the data analysis process. Learning robots play a multidimensional role in enhancing student engagement, motivation, critical thinking, and STEM concept mastery. International literature emphasizes social robots as learning peers and objects of human-robot interaction research, whereas Indonesian literature focuses on robotics training and generative AI use through community service activities. Implementation challenges include infrastructure limitations, educator competency gaps, and ethical considerations. International and Indonesian research streams complement one another, jointly contributing to the development of learning robots that are more effective, inclusive, and contextually relevant.*

---

### Abstrak

Perkembangan kecerdasan buatan (AI) mendorong transformasi pendidikan melalui robot berbasis AI sebagai media dan mitra pembelajaran. Penelitian ini mengkaji peran robot berbasis AI dalam pembelajaran dengan menelaah 26 dokumen berbahasa Inggris dan Indonesia yang terbit pada 2016-2026. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, dengan dokumen sebagai sumber data, content analysis sebagai teknik pengumpulan data, purposive sampling sebagai teknik cuplikan, triangulasi teori sebagai teknik keabsahan data, sementara analisis data dilakukan dengan mengacu pada model interaktif Miles dan Huberman. Robot pembelajaran berperan multidimensi dalam meningkatkan keterlibatan, motivasi, berpikir kritis, dan penguasaan konsep STEM peserta didik. Literatur internasional menyoroti social robots sebagai rekan belajar dan objek riset human-robot interaction, sedangkan literatur Indonesia berfokus pada pelatihan robotika dan pemanfaatan AI generatif melalui kegiatan pengabdian masyarakat. Tantangan implementasi meliputi keterbatasan infrastruktur, kesenjangan kompetensi pendidik, dan pertimbangan etis. Arus riset internasional dan Indonesia saling melengkapi dan bersama-sama menjadi dasar pengembangan robot pembelajaran yang lebih efektif, inklusif, dan sesuai konteks lokal.

## PENDAHULUAN

Robot sosial Pepper diujicobakan pada salah satu kelas menengah pertama di Amerika Serikat untuk mengamati interaksi remaja dengan agen sosial berbasis kecerdasan buatan (LeTendre, 2023). Temuan tersebut menunjukkan bahwa robot berbasis AI tidak lagi berfungsi sebagai alat peraga statis, tetapi telah mampu berinteraksi secara sosial, beradaptasi terhadap kebutuhan peserta didik, serta berperan sebagai mitra belajar sekaligus asisten pengajar (Lin et al., 2022; Ceha et al., 2021). Perkembangan tersebut memunculkan bidang kajian baru yang mengintegrasikan robotika, kecerdasan buatan, dan ilmu pendidikan.

Penelitian mengenai *social robots* di ruang kelas berkembang pesat secara global sejak pertengahan dekade 2010-an. Objek kajiannya pun beragam, meliputi peserta didik pada jenjang usia dini hingga mahasiswa di perguruan tinggi (Rosanda & Istenic, 2019). Berbeda dengan perkembangan tersebut, pemanfaatan robot dalam pembelajaran di Indonesia masih berfokus pada robotika dasar, seperti Lego Mindstorms, robot line follower, dan mikrokontroler Arduino, sebagai bagian pembelajaran Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). Adapun kecerdasan buatan generatif, seperti ChatGPT, lebih banyak diterapkan sebagai media atau asisten pembelajaran yang bersifat non-fisik (Suharyo et al., 2024; Gumilang et al., 2023).

Tinjauan berskala luas mengenai penerapan kecerdasan buatan dalam bidang pendidikan menunjukkan bahwa AI telah menjangkau hampir seluruh aspek proses pendidikan, mulai dari manajemen administrasi, personalisasi kurikulum, hingga evaluasi pembelajaran berbasis data (Chen et al., 2020). Selain itu, AI dan robotika turut membentuk ulang dinamika pembelajaran; peran keduanya berkembang lebih jauh dari alat bantu tambahan, sebab kehadirannya telah mengubah relasi antara guru, siswa, dan materi ajar. (Yueh & Chiang, 2020).

Kajian mengenai robot dan AI dalam pendidikan berkembang pesat di tingkat internasional. Akan tetapi, kajian yang bersifat sintesis dan membandingkan pola penerapan tersebut antara negara maju dengan negara berkembang, termasuk Indonesia, hingga kini belum banyak dilakukan. Perbedaan sumber daya, kebijakan kurikulum, dan orientasi riset antarkonteks berpotensi menghasilkan pola pemanfaatan robot berbasis AI yang berbeda pula. Oleh karena itu, rekomendasi kebijakan maupun praktik pembelajaran yang bersumber dari literatur internasional tidak dapat diterapkan secara langsung tanpa penyesuaian terhadap konteks Indonesia.

Tinjauan ini disusun berdasarkan tiga kerangka teori. Pertama, *social presence theory* menjelaskan bagaimana kehadiran entitas non-manusia, seperti robot, dapat menimbulkan rasa kehadiran sosial yang memengaruhi keterlibatan belajar peserta didik (Ceha et al., 2021). Kedua, *productive failure theory* menjelaskan mekanisme belajar melalui pengamatan terhadap kegagalan, termasuk kegagalan yang diperagakan oleh robot (Chen et al., 2025). Ketiga, *Technology Acceptance Model* (TAM) menjelaskan determinan niat adopsi teknologi baru, seperti robot berbasis AI, di lingkungan pendidikan tinggi (Roy et al., 2022; Algerafi et al., 2023). Ketiga kerangka tersebut digunakan untuk menguji konsistensi temuan lintas dokumen melalui triangulasi teori pada tahap analisis data.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah penelitian ini mencakup empat pertanyaan, yaitu: (1) bagaimana peran robot berbasis kecerdasan buatan dalam pembelajaran

menurut literatur internasional maupun Indonesia; (2) tema apa yang mendominasi kajian tersebut; (3) sejauh mana kesesuaiannya dengan kerangka teori yang relevan; dan (4) tantangan apa yang dihadapi dalam penerapannya. Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peran robot berbasis kecerdasan buatan dalam pembelajaran, mengidentifikasi tema utama dalam kajian tersebut, menguji keabsahan temuan melalui triangulasi teori, serta merumuskan tantangan dan arah pengembangan robot pembelajaran berbasis AI, khususnya pada Indonesia.

Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peran robot berbasis kecerdasan buatan dalam pembelajaran berdasarkan literatur internasional dan Indonesia, mengidentifikasi tema-tema utama yang mendominasi kajian tersebut, menguji keabsahan temuan melalui triangulasi teori, serta merumuskan tantangan dan arah pengembangan robot pembelajaran berbasis AI, khususnya dalam konteks Indonesia. Kontribusi teoretis dari penelitian ini diharapkan dapat memperluas kajian interdisipliner yang mempertemukan robotika, kecerdasan buatan, dan ilmu pendidikan, terutama dalam mensintesis perspektif riset internasional dan riset lokal Indonesia yang selama ini cenderung berkembang secara terpisah. Secara praktis, kebermanfaatan penelitian ini menyasar beberapa pihak, mencakup pendidik dalam merancang pembelajaran berbasis robot dan AI, pengelola satuan pendidikan dalam menyusun kebijakan pengadaan dan pelatihan teknologi, pembuat kebijakan dalam merumuskan pedoman etika penggunaan AI, serta peneliti selanjutnya sebagai basis pijakan bagi penelitian empiris lanjutan.

Guna menghindari kesalahpahaman konseptual, istilah robot berbasis kecerdasan buatan (*AI-based robot*) dalam penelitian ini didefinisikan sebagai entitas mekanis maupun virtual yang dilengkapi kemampuan komputasi cerdas untuk berinteraksi, beradaptasi, dan/atau melaksanakan tugas pembelajaran. Cakupan istilah tersebut meliputi, baik robot fisik, seperti robot sosial, robot line follower, dan robot rover, maupun sistem kecerdasan buatan generatif non-fisik, seperti ChatGPT dan asisten virtual berbasis AI yang berfungsi sebagai media atau asisten pembelajaran. Selanjutnya, literatur yang dikaji dalam penelitian ini dibatasi pada dokumen berbahasa Inggris dan Indonesia yang terbit selama periode 2016-2026.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis kajian pustaka (*library research*) sehingga tidak terikat pada lokasi geografis tertentu, dan dilaksanakan pada periode Januari hingga Juni 2026. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kualitatif untuk mendeskripsikan sekaligus menginterpretasikan peran robot berbasis kecerdasan buatan dalam pembelajaran sebagaimana terekam pada dokumen ilmiah. Dengan demikian, pendekatan ini tidak dimaksudkan untuk generalisasi statistik maupun pengujian hipotesis.

Sumber data penelitian ini berupa dokumen, yaitu artikel jurnal ilmiah dan prosiding yang membahas robot atau teknologi berbasis kecerdasan buatan dalam pembelajaran, baik yang berbahasa Inggris maupun Indonesia. Sumber dokumen tersebut mencakup jurnal internasional yang memiliki reputasi baik, jurnal nasional yang telah terakreditasi, serta berbagai prosiding hasil konferensi yang relevan dengan tema robot dan kecerdasan buatan dalam pendidikan.

Pengumpulan data dilakukan melalui teknik *content analysis*. Bagian abstrak, temuan, dan pembahasan pada setiap dokumen ditelaah secara sistematis guna mengidentifikasi tema utama terkait peran, manfaat, dan tantangan penerapan robot berbasis AI dalam pembelajaran. Setiap dokumen yang memenuhi kriteria kemudian diberi kode (D1 hingga D26) untuk memudahkan penelusuran silang antara temuan, kutipan dalam teks, dan daftar pustaka.

Teknik pencuplikan yang digunakan adalah *purposive sampling*. Pemilihan dokumen didasarkan pada tiga kriteria utama, yaitu kesesuaian topik dengan tema robot berbasis kecerdasan buatan dalam pembelajaran, rentang tahun terbit 2016-2026, serta ketersediaan teks lengkap atau abstrak yang memadai untuk dianalisis. Berdasarkan ketiga kriteria tersebut, terpilih 26 dokumen yang terdiri atas 14 artikel berbahasa Inggris dan 12 artikel berbahasa Indonesia.

Keabsahan data diuji melalui teknik triangulasi teori. Temuan pada satu dokumen dibandingkan dengan teori maupun temuan dokumen lain yang membahas topik sejenis, baik dari perspektif riset internasional maupun riset lokal Indonesia. Selain itu, triangulasi juga dilakukan dengan mengonfrontasikan temuan empiris terhadap tiga kerangka teori yang telah diuraikan pada bagian Pendahuluan, yaitu *social presence theory*, *productive failure theory*, dan *Technology Acceptance Model*.

Adapun dalam menganalisis data, penelitian ini menerapkan model interaktif Miles dan Huberman yang mencakup empat tahapan secara berkesinambungan. Tahap pertama berupa pengumpulan data (*data collection*), yaitu proses menghimpun dokumen-dokumen yang telah ditelusuri dari berbagai sumber pustaka. Tahap kedua, yaitu reduksi data (*data reduction*), berupa pemilihan dan pengelompokan dokumen sesuai dengan tujuan kajian. Pada tahap ketiga, yakni penyajian data (*data display*), dilakukan penyusunan data ke dalam bentuk matriks tematik. Adapun tahap keempat, yakni penarikan simpulan atau verifikasi (*conclusion drawing/verification*), dilakukan dengan memaknai data yang telah disajikan sebelumnya. Verifikasi dilakukan secara berulang terhadap dokumen sumber selama proses analisis berlangsung sehingga keempat tahap tersebut berlangsung secara simultan dan iteratif, bukan bersifat linear satu arah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Reduksi data dilakukan dengan memilah 26 dokumen hasil *purposive sampling* ke dalam kode dokumen (D1-D26). Pengelompokan tersebut didasarkan pada kesamaan fokus tema yang diperoleh melalui *content analysis* terhadap abstrak dan temuan setiap dokumen. Proses reduksi menghasilkan empat tema utama, yaitu robot sebagai mitra dan rekan belajar sosial, robotika sebagai sarana pembelajaran STEM, kecerdasan buatan sebagai media dan asisten pembelajaran, serta adopsi atau penerimaan robot berbasis AI di lingkungan perguruan tinggi. Sebanyak 26 dokumen beserta kode dan tema hasil reduksi ditampilkan secara rinci pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Daftar dokumen terkode (D1-D26)

| Kode | Penulis (Tahun)                          | Bahasa    | Tema                          |
|------|------------------------------------------|-----------|-------------------------------|
| D1   | Lin dkk. (2022)                          | Inggris   | Robotika untuk STEM           |
| D2   | Shi dkk. (2024)                          | Inggris   | AI sebagai media pembelajaran |
| D3   | Algerafi dkk. (2023)                     | Inggris   | Adopsi robot AI di PT         |
| D4   | Yueh & Chiang (2020)                     | Inggris   | AI sebagai media pembelajaran |
| D5   | Roy dkk. (2022)                          | Inggris   | Adopsi robot AI di PT         |
| D6   | Lee, Ku, & Ko (2025)                     | Inggris   | AI sebagai media pembelajaran |
| D7   | Chen, Chen, & Lin (2020)                 | Inggris   | AI sebagai media pembelajaran |
| D8   | Rosanda & Istenič Starčič (2019)         | Inggris   | Robot mitra belajar sosial    |
| D9   | LeTendre (2023)                          | Inggris   | Robot mitra belajar sosial    |
| D10  | Chen dkk. (2025)                         | Inggris   | Robot mitra belajar sosial    |
| D11  | Verner, Perez, & Lavi (2021)             | Inggris   | Robotika untuk STEM           |
| D12  | Ceha dkk. (2021)                         | Inggris   | Robot mitra belajar sosial    |
| D13  | Liu & Deng (2026)                        | Inggris   | Robotika untuk STEM           |
| D14  | Berry, Remy, & Rogers (2016)             | Inggris   | Robotika untuk STEM           |
| D15  | Suharyo, Subyantoro, & Pristiwati (2024) | Indonesia | AI sebagai media pembelajaran |
| D16  | Rochim (2024)                            | Indonesia | AI sebagai media pembelajaran |
| D17  | Jayawardana dkk. (2023)                  | Indonesia | AI sebagai media pembelajaran |
| D18  | Sodik (2024)                             | Indonesia | AI sebagai media pembelajaran |
| D19  | Gumilang dkk. (2023)                     | Indonesia | Robotika untuk STEM           |
| D20  | Hais dkk. (2023)                         | Indonesia | Robotika untuk STEM           |
| D21  | Aula & Husin (2024)                      | Indonesia | Robotika untuk STEM           |
| D22  | Indriyanto, Purwono, & Hermanto (2023)   | Indonesia | Robotika untuk STEM           |
| D23  | Laksono dkk. (2023)                      | Indonesia | Robotika untuk STEM           |
| D24  | Kadir dkk. (2023)                        | Indonesia | Robotika untuk STEM           |
| D25  | Murti & Handayani (2022)                 | Indonesia | AI sebagai media pembelajaran |
| D26  | Thamrin, Fatkhurrahman, & Arsyad (2024)  | Indonesia | AI sebagai media pembelajaran |

Sumber: Data diolah peneliti dari 26 dokumen hasil purposive sampling (2026)

Tabel 2 merangkum distribusi dokumen pada Tabel 1 menurut tema dan bahasa.

**Tabel 2.** Distribusi dokumen menurut tema dan bahasa hasil reduksi

| Tema                                | Dokumen Inggris | Dokumen Indonesia | Total |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------|-------|
| Robot mitra belajar sosial          | 4               | 0                 | 4     |
| Robotika untuk STEM                 | 4               | 6                 | 10    |
| AI sebagai media pembelajaran       | 4               | 6                 | 10    |
| Adopsi robot AI di perguruan tinggi | 2               | 0                 | 2     |
| Total                               | 14              | 12                | 26    |

Sumber: Data diolah peneliti (2026)

Berdasarkan Tabel 2, dokumen berbahasa Inggris tersebar cukup merata pada keempat tema, dengan konsentrasi yang relatif tinggi pada tema robot sebagai mitra belajar sosial dan tema adopsi institusional. Adapun dokumen berbahasa Indonesia cenderung terkonsentrasi pada tema robotika untuk pembelajaran STEM serta pemanfaatan AI sebagai media pembelajaran dalam bentuk kegiatan pelatihan atau pengabdian kepada masyarakat. Pola tersebut mengindikasikan adanya perbedaan orientasi riset antara kedua konteks. Riset internasional lebih berorientasi pada kajian dinamika psikososial dalam interaksi manusia-robot, sedangkan riset Indonesia lebih berorientasi pada penerapan praktis serta diseminasi keterampilan robotika dan literasi AI.

**Tabel 3.** Matriks temuan utama per tema

| Tema                          | Temuan Utama                                                                                                                                      | Dokumen Pendukung                 |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Robot mitra belajar sosial    | Robot meningkatkan keterlibatan emosional dan dapat berperan sebagai peer, guru, maupun pemula; kegagalan robot dapat memicu pemahaman konseptual | D8, D9, D10, D12                  |
| Robotika untuk STEM           | Pelatihan robotika (Lego, line follower, Arduino, rover) meningkatkan minat, keterampilan pemecahan masalah, dan kemampuan kognitif siswa         | D1, D11, D13, D14, D19–D24        |
| AI sebagai media pembelajaran | AI generatif mendukung personalisasi pembelajaran dan literasi AI sejak dini, namun berisiko menimbulkan ketergantungan dan tantangan etis        | D2, D4, D6, D7, D15–D18, D25, D26 |
| Adopsi robot AI di PT         | Niat adopsi dipengaruhi persepsi manfaat, kesiapan infrastruktur, dan sikap institusi terhadap teknologi baru                                     | D3, D5                            |

Sumber: Data diolah peneliti dari hasil content analysis 26 dokumen (2026)

### Triangulasi Teori

Keabsahan data diuji melalui teknik triangulasi teori, yaitu dengan mengonfrontasikan temuan pada Tabel 3 terhadap tiga kerangka teori yang relevan. Teori kehadiran sosial (*social presence theory*) digunakan untuk menjelaskan temuan pada tema robot sebagai mitra belajar sosial. Selanjutnya, teori konstruktivisme dan *productive failure* digunakan untuk menjelaskan mekanisme belajar melalui interaksi dan kegagalan yang diperagakan robot. Adapun *Technology Acceptance Model* (TAM) digunakan untuk menjelaskan temuan pada tema adopsi robot AI di perguruan tinggi.

Hasil triangulasi menunjukkan bahwa temuan dalam dokumen yang dikaji secara umum konsisten dengan ketiga kerangka teori tersebut. Temuan Ceha et al. (2021) serta LeTendre (2023) mengenai penerimaan positif guru dan siswa terhadap kehadiran robot di kelas selaras dengan asumsi dasar *social presence theory*. Selain itu, temuan Chen et al. (2025) mengenai manfaat pengamatan terhadap kegagalan robot bagi pemahaman konseptual siswa memperkuat validitas teori *productive failure*. Adapun temuan pada tema adopsi institusional (D3, D5) konsisten dengan proposisi TAM, yaitu persepsi kemanfaatan dan kemudahan penggunaan sebagai determinan utama niat adopsi teknologi baru.

Pada tema robotika untuk pembelajaran STEM dan AI sebagai media pembelajaran yang didominasi oleh dokumen berbahasa Indonesia, hasil triangulasi menunjukkan kesesuaian dengan teori *experiential learning*. Triangulasi ini juga mengungkap adanya kesenjangan antara kekayaan teori *human-robot interaction* pada literatur internasional dan orientasi teknis-praktis yang mendominasi sebagian besar dokumen Indonesia.

### **Robot sebagai Mitra dan Rekan Belajar (Social Robots)**

Literatur internasional menunjukkan tren yang kuat dalam penelitian mengenai *social robots* sebagai rekan belajar (*peer*) di ruang kelas. Rosanda & Istenic (2019) melakukan tinjauan sistematis terhadap studi robot sosial di kelas pada periode 2006-2018 dengan menelaah publikasi yang terindeks Web of Science. Hasil tinjauan tersebut menunjukkan bahwa robot lebih banyak digunakan sebagai sarana penelitian *human-robot interaction* (HRI) daripada sebagai alat pengajaran rutin. Interaksi antara robot dan siswa pada umumnya berlangsung singkat dan terfragmentasi karena robot cenderung melaksanakan tugas-tugas pendek dan spesifik yang memerlukan persiapan penelitian yang panjang, alih-alih digunakan secara rutin dalam satu satuan waktu pelajaran penuh. Selanjutnya, Ceha et al. (2021) mengkaji perspektif guru terhadap fungsi dan perilaku robot sosial dalam aktivitas belajar. Data dalam penelitian tersebut dikumpulkan melalui wawancara, teknik robot *puppeteering*, dan sesi curah gagasan kelompok bersama lima guru sekolah dasar dan menengah di Kanada. Dengan menggunakan pendekatan *activity theory*, penelitian tersebut menyimpulkan bahwa guru secara umum merespons positif gagasan penggunaan robot, tetapi tetap mengidentifikasi adanya ketegangan antara peran robot sebagai guru, rekan (*peer*), maupun pemula (*novice*) dalam sistem aktivitas pembelajaran.

Temuan empiris yang lebih kuat disampaikan oleh Chen et al. (2025) melalui dua studi berbasis kelas pada jenjang sekolah menengah pertama. Studi pertama (N=135) membandingkan tiga metode pembelajaran matematika kelas delapan, yaitu pengamatan terhadap kegagalan robot, pengalaman kegagalan pemecahan masalah secara individual, dan instruksi langsung. Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa kelompok yang mengamati

kegagalan robot (robot failure/RF) memperoleh peningkatan pemahaman konseptual tertinggi disertai tingkat tekanan sosial yang lebih rendah. Studi lanjutan (N=110) mengonfirmasi efektivitas metode tersebut, bahkan setelah efek kebaruan (novelty effect) robot mereda pascadua minggu masa adaptasi. Adapun LeTendre (2023) meneliti interaksi remaja awal dengan robot sosial Pepper dalam lingkungan project-based learning di sebuah sekolah publik di Amerika Serikat melalui observasi kelas tidak terstruktur, wawancara kelompok terarah, dan rekaman video. Robot tersebut terbukti mampu meningkatkan keterlibatan siswa terhadap proyek jangka panjang, meskipun hanya dapat berinteraksi dengan satu siswa dalam satu waktu. Keterbatasan teknologi tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan robot untuk berinteraksi secara kelompok masih menjadi kendala hingga saat ini.

#### *Robotika sebagai Sarana Pembelajaran STEM*

Sejumlah studi menyoroti peran robotika dalam memperkuat pembelajaran STEM pada dua jenjang sekaligus, yakni pendidikan menengah dan pendidikan tinggi. Verner et al. (2021) melibatkan 41 siswa kelas 11 dari dua sekolah dengan program studi yang berbeda, dengan data yang dikumpulkan melalui observasi kelas terstruktur, wawancara, dan kuesioner sepanjang satu tahun ajaran penuh. Penelitian tersebut berhasil mengidentifikasi 23 struktur keterlibatan siswa dalam kursus robotika. Adapun Liu & Deng (2026) melibatkan 508 mahasiswa dalam penelitian berbasis kuesioner terstruktur yang dianalisis dengan pemodelan persamaan struktural (SEM). Hasil penelitian tersebut menemukan korelasi positif antara perkembangan kognitif, kemampuan pemecahan masalah, dan keterlibatan robotika ( $r = 0,52-0,68$ ;  $p < 0,001$ ), dengan perkembangan kognitif sebagai prediktor sedang-kuat ( $\beta = 0,47$ ) dan kemampuan pemecahan masalah sebagai mediator parsial (efek tidak langsung = 0,24); kedua variabel tersebut secara bersama-sama menjelaskan 56 persen varians keterlibatan robotika. Sementara itu, Berry et al. (2016) mengusulkan kurikulum robotika standar untuk jenjang K-16 yang menekankan kontinuitas pembelajaran robotika dari pendidikan dasar hingga perguruan tinggi, dengan argumen bahwa fragmentasi kurikulum robotika antarjenjang dapat menghambat pembentukan kompetensi yang berkelanjutan. Berry et al. (2016) juga mencatat bahwa eksposur siswa terhadap robotika masih diperdebatkan karena sebagian pihak memandangnya sebagai tren sesaat, sehingga diperlukan analisis yang koheren mengenai dampaknya terhadap pembelajaran dan keterlibatan siswa.

Di Indonesia, penerapan robotika edukasi banyak diwujudkan melalui kegiatan pelatihan dan pengabdian kepada masyarakat. Gumilang et al. (2023) melaporkan pelatihan robot Lego bagi 22 siswa SMP Bani Hasyim, Kabupaten Malang, dengan hasil bahwa 80% peserta menyatakan keinginan untuk mendalami robotika lebih lanjut pascapelatihan. Hais et al. (2023) mengadakan kegiatan workshop pembuatan robot line follower yang dilaksanakan di SMAN 15 Muaro Jambi; siswa berhasil merakit robot line follower analog dan menunjukkan pemahaman dasar elektronika dan robotika yang lebih baik. Adapun Aula & Husin (2024) merancang kegiatan pembelajaran berbasis permainan kreatif, yaitu dengan melibatkan siswa sekolah dasar dalam merancang dan mengoperasikan robot rover penjelajah Mars, yang terbukti meningkatkan minat, pemahaman konsep sains-teknologi, berpikir kritis, serta kerja sama siswa.

Selanjutnya, sebuah pelatihan dasar Arduino berbasis robotika cerdas dan AI diselenggarakan oleh Kadir et al. (2023) di SMAN 1 Kuala Kampar, Kabupaten Pelalawan,

Riau, dengan cakupan materi berupa pengenalan robotika, mikrokontroler, dan demonstrasi robot humanoid sederhana yang ditujukan bagi siswa sekolah menengah tanpa pengalaman robotika sebelumnya. Laksono et al. (2023) memperkenalkan Internet of Things dan robotika kepada siswa SMAN 1 Boyolali melalui kerja sama dengan mitra industri CV Enuma Technology, dengan tujuan mempersiapkan keterampilan abad ke-21 sekaligus mengembangkan produk media pembelajaran yang berpotensi dikomersialkan. Adapun Indriyanto et al. (2023) berfokus pada peningkatan kapasitas tenaga pengajar robotik di lembaga UNIK ROBOT, Kabupaten Banyumas, melalui metode project-based learning dan action learning. Berdasarkan hasil evaluasi observasi, tes lisan, dan kuesioner, keterampilan robotika dan pemasaran daring peserta pelatihan tersebut meningkat sebesar 90%.

### **Kecerdasan Buatan sebagai Media dan Asisten Pembelajaran**

Selain robot fisik, literatur turut menyoroiti kecerdasan buatan generatif dan sistem cerdas sebagai media pembelajaran. Artikel tinjauan Chen et al. (2020) memetakan tiga ranah utama pemanfaatan AI di dunia pendidikan, yaitu personalisasi pembelajaran, sistem tutor cerdas, dan otomatisasi penilaian. Adapun Shi et al. (2024) mengembangkan modul pembelajaran AI sumber terbuka berjudul "Build Your Own Robot Friend" yang dirancang agar mudah diakses dan menarik bagi peserta didik dari latar belakang beragam; modul tersebut memungkinkan peserta didik merakit robot sederhana sekaligus mempelajari prinsip dasar kecerdasan buatan secara langsung. Sementara itu, Lee et al. (2025) menemukan bahwa robot AI meningkatkan literasi AI dan computational thinking pada anak prasekolah di Korea Selatan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa interaksi dengan robot cerdas dapat memperkenalkan konsep AI pada jenjang yang selama ini jarang menjadi fokus riset AI dalam pendidikan.

Di Indonesia, kajian mengenai kecerdasan buatan dalam pendidikan berkembang pesat pascapopulernya ChatGPT dan platform AI generatif lainnya, dengan sebagian besar menggunakan pendekatan studi literatur atau deskriptif kualitatif. Melalui kajian literatur, Suharyo et al. (2024) mengkaji peran kecerdasan buatan memengaruhi Kurikulum Merdeka pada jenjang pendidikan dasar dan menengah. Keterbatasan teknis, rendahnya keahlian guru, dan aspek moral menjadi tantangan utama yang teridentifikasi, sehingga direkomendasikan langkah-langkah berupa pemanfaatan platform pembelajaran berbasis AI, pelatihan bagi guru, dan penerapan pedoman etika. Rochim (2024) menyoroiti risiko ketergantungan penggunaan AI dalam pendidikan melalui kajian literatur dan mengidentifikasi sejumlah risiko, meliputi potensi kesalahan dan ketidakakuratan sistem AI, persoalan moral, serta dampak psikologis bagi peserta didik. Adapun Jayawardana et al. (2023) menelusuri potensi pembelajaran berbasis AI pada jenjang Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) melalui pendekatan studi literatur, dan menemukan bahwa pembelajaran tersebut berpotensi meningkatkan daya tarik proses belajar, mendukung individualisasi pendekatan, serta memberikan dukungan yang efektif sesuai kebutuhan perkembangan anak secara holistik. Sementara itu, Sodik (2024) menelaah peran kecerdasan buatan dalam mendorong inovasi manajemen pendidikan Islam pada era Revolusi Industri 4.0 melalui pendekatan kualitatif studi literatur. Temuannya menunjukkan bahwa AI berperan penting dalam mengotomatisasi proses administrasi dan mempersonalisasi peningkatan kualitas pembelajaran. Namun demikian, implementasinya menuntut kesiapan

matang, baik dari aspek infrastruktur teknologi informasi, sumber daya manusia, maupun pendekatan kolaboratif yang melibatkan berbagai disiplin ilmu.

Murti & Handayani (2022) mengembangkan permainan edukasi robot petualang Nusantara berbasis model ADDIE untuk jenjang kelas IV SD. Adapun hasil pengujiannya menunjukkan bahwa validitas isi mencapai 0,98, respons guru mencapai 100%, respons siswa mencapai 96,05 persen, dan tingkat efektivitasnya tergolong signifikan ( $p < 0,05$ ). Sementara itu, Thamrin et al. (2024) melaporkan pelatihan AI bagi 24 dosen dengan tingkat kepuasan peserta mencapai 91,67%.

### Adopsi dan Penerimaan Robot Berbasis AI di Perguruan Tinggi

Beberapa studi meneliti faktor yang memengaruhi niat mahasiswa dan institusi pendidikan tinggi dalam mengadopsi robot berbasis AI. Algerafi et al. (2023) mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi niat mahasiswa untuk mengadopsi kecerdasan buatan. Adapun Roy et al. (2022) mengevaluasi niat adopsi robot berbasis AI di lingkungan pendidikan tinggi secara lebih spesifik, dengan temuan bahwa kesiapan infrastruktur dan dukungan institusional menjadi faktor penentu utama. Sementara itu, Yueh & Chiang (2020) menawarkan kerangka konseptual mengenai perubahan dinamika pembelajaran akibat kehadiran AI dan robotika, yang mencakup pergeseran peran guru, personalisasi kurikulum, dan penilaian otomatis.

### Ringkasan Metode dan Temuan Kuantitatif

Guna memperkuat proses content analysis, Tabel 4 merangkum metode penelitian, sampel, dan temuan kuantitatif kunci dari dokumen yang menyajikan data empiris berskala terukur. Rangkuman tersebut melengkapi pembahasan naratif pada subbagian sebelumnya dengan menyandingkan secara langsung ukuran sampel, teknik analisis, dan hasil utama dari enam studi yang paling banyak menyajikan data terukur di antara 26 dokumen yang dikaji.

**Tabel 4.** Ringkasan metode dan temuan kuantitatif studi empiris terpilih

| Kode | Sumber                       | Metode & Sampel                           | Temuan Kunci                                                                    |
|------|------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| D10  | Chen dkk. (2025)             | Eksperimen; N=135 & N=110                 | Kelompok robot-failure unggul pemahaman konseptual, tekanan sosial lebih rendah |
| D11  | Verner, Perez, & Lavi (2021) | Observasi+wawancara+kuesioner; N=41       | 23 struktur keterlibatan (12 dikenal, 11 baru)                                  |
| D13  | Liu & Deng (2026)            | Survei + SEM; N=508                       | $r=0,52-0,68$ ; $\beta$ kognitif=0,47; $R^2=0,56$                               |
| D19  | Gumilang (2023)              | dkk.Deskriptif kualitatif; N=22 siswa SMP | 80% ingin mendalami robotika lanjut                                             |
| D25  | Murti & Handayani (2022)     | R&D ADDIE; N=19 siswa SD                  | Validitas 0,98; efektivitas $p<0,05$                                            |

|     |                   |                                     |                     |
|-----|-------------------|-------------------------------------|---------------------|
| D26 | Thamrin<br>(2024) | dkk. Pelatihan+evaluasi; N=24 dosen | 91,67% peserta puas |
|-----|-------------------|-------------------------------------|---------------------|

---

Sumber: Data diolah peneliti dari dokumen yang menyajikan data empiris terukur (2026)

---

Tabel 4 menegaskan pola yang teridentifikasi pada tahap triangulasi teori. Studi berbahasa Inggris cenderung menggunakan desain penelitian yang lebih beragam dengan fokus pada pengukuran konstruk psikologis, sedangkan studi berbahasa Indonesia secara konsisten menggunakan desain deskriptif kualitatif atau *research and development* (R&D) berskala kecil, dengan indikator keberhasilan berupa kepuasan, minat lanjutan, atau validitas produk.

Pola metodologis tersebut memberikan implikasi bagi arah kolaborasi riset lintas negara. Di satu sisi, peneliti Indonesia dapat mengadopsi desain eksperimen terkontrol atau pemodelan persamaan struktural yang lazim digunakan pada studi internasional guna menghasilkan bukti kausal yang lebih kuat mengenai dampak robot pembelajaran terhadap capaian belajar. Di sisi lain, peneliti internasional dapat mempertimbangkan pendekatan deskriptif kualitatif berbasis pengabdian kepada masyarakat sebagaimana digunakan di Indonesia sebagai model diseminasi teknologi robotika ke komunitas dengan sumber daya terbatas. Dengan demikian, kedua tradisi metodologis tersebut dapat saling memperkaya, alih-alih berjalan secara terpisah.

### **Tantangan dan Arah Pengembangan**

Keterbatasan infrastruktur dan biaya peralatan robotika masih menjadi kendala utama dalam penerapan robotika edukasi di Indonesia. Indriyanto et al. (2023) melaporkan bahwa lembaga pendidikan robotika nonformal relatif jarang tersedia di daerah tertentu, salah satunya disebabkan oleh mahalnya peralatan robotika. Kondisi serupa juga ditemukan pada pelatihan robotika di sekolah-sekolah luar perkotaan yang menghadapi minimnya alat peraga (Hais et al., 2023). Selain persoalan infrastruktur, kesenjangan kompetensi guru dan dosen dalam mengoperasikan teknologi robotika serta AI generatif turut memerlukan pelatihan yang berkelanjutan. Keterbatasan keahlian guru diidentifikasi oleh Suharyo et al. (2024) sebagai kendala utama dalam proses integrasi AI ke dalam Kurikulum Merdeka. Temuan tersebut konsisten dengan tingginya antusiasme dosen terhadap pelatihan AI sebagaimana dilaporkan dalam studi Thamrin et al. (2024).

Aspek etis dan psikologis penggunaan AI dalam pendidikan, termasuk risiko ketergantungan siswa dan potensi bias sistem AI, perlu mendapat perhatian dalam perumusan kebijakan implementasi (Rochim, 2024). Rosanda & Istenic (2019) mengingatkan bahwa kapasitas sosial robot belum menyamai kemampuan manusia dalam memahami konteks, sehingga ekspektasi yang berlebihan berpotensi menimbulkan kesalahpahaman pedagogis. Untuk pengembangan ke depan, integrasi antara robot fisik dan kecerdasan buatan generatif berpotensi menghasilkan sistem pembelajaran yang lebih adaptif dan personal, sebagaimana diisyaratkan oleh modul "Build Your Own Robot Friend" (Shi et al., 2024). Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi penerapan robot pembelajaran dalam konteks pendidikan karakter dan nilai budaya lokal, sebagaimana telah dirintis melalui pengembangan permainan edukasi robot bertema Nusantara (Murti & Handayani, 2022), serta memperluas kajian

longitudinal mengenai dampak jangka panjang interaksi manusia-robot terhadap capaian belajar siswa.

### Implikasi Teoretis dan Praktis

Secara teoretis, tinjauan ini memperkuat relevansi *social presence theory*, *productive failure theory*, dan *Technology Acceptance Model* dalam menjelaskan fenomena pembelajaran berbantuan robot AI. Tinjauan ini sekaligus mengungkap perlunya pengembangan kerangka teori yang lebih kontekstual untuk menjelaskan pola penerapan robotika edukasi di negara berkembang seperti Indonesia, yang cenderung berorientasi pada aspek keterampilan praktis dan pemberdayaan komunitas, alih-alih pengujian konstruk psikologis formal. Adapun secara praktis, temuan ini memberikan implikasi bagi empat kelompok pemangku kepentingan, sebagaimana dirangkum pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Ringkasan rekomendasi berdasarkan pemangku kepentingan

| Pemangku Kepentingan | Rekomendasi                                                                                                                                                                                               | Dokumen Rujukan |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Guru dan Dosen       | Mengikuti pelatihan berkelanjutan mengenai integrasi robot dan AI generatif dalam rancangan pembelajaran; memahami peran robot secara jelas (guru/rekan/pemula) untuk mengelola ketegangan peran di kelas | D12, D26, D15   |
| Pengelola Sekolah/PT | Membangun skema kemitraan dengan industri teknologi untuk mengatasi keterbatasan pembiayaan infrastruktur robotika; menyediakan wadah ekstrakurikuler robotika berkelanjutan                              | D22, D20, D23   |
| Pembuat Kebijakan    | Menyusun pedoman etika penggunaan AI dalam pembelajaran; mendorong kurikulum robotika berjenjang K-16; mengalokasikan anggaran pemerataan infrastruktur ke wilayah non-perkotaan                          | D16, D14, D22   |
| Peneliti Selanjutnya | Melakukan meta-analisis kuantitatif dan studi longitudinal; mengeksplorasi dimensi etis-psikososial interaksi manusia-robot dalam konteks budaya dan nilai keagamaan Indonesia                            | D10, D9, D18    |

Sumber: Data diolah peneliti dari hasil analisis dan sintesis rekomendasi 26 dokumen (2026)

Terdapat tiga keterbatasan dalam penelitian ini yang perlu diperhatikan ketika menafsirkan hasilnya. Pertama, berkaitan dengan sumber data yang dimanfaatkan, terbatas pada dokumen yang tersedia secara daring dalam rentang waktu penelusuran, sehingga terdapat kemungkinan artikel relevan yang belum tercakup dalam analisis, khususnya dokumen berbahasa selain Inggris dan Indonesia. Kedua, teknik *purposive sampling* yang digunakan, meskipun memberikan fokus tematik yang jelas, berpotensi menghadirkan bias seleksi peneliti dalam menentukan dokumen yang dianggap relevan. Ketiga, sebagian besar dokumen Indonesia yang dikaji berbentuk laporan pengabdian kepada masyarakat berskala kecil dengan

jumlah sampel yang terbatas. Oleh karena itu, penerapan temuan pada konteks Indonesia perlu mempertimbangkan kehati-hatian dan tidak dapat dipersamakan secara langsung dengan studi eksperimental berskala besar.

Sehubungan dengan keterbatasan tersebut, penelitian mendatang disarankan untuk memperluas cakupan basis data penelusuran guna memperkaya keragaman sumber, melakukan meta-analisis kuantitatif terhadap studi yang menyajikan ukuran efek sebagaimana dirangkum pada Tabel 4 guna memperoleh estimasi dampak robot AI yang lebih presisi, serta melaksanakan studi empiris berskala lebih besar dengan desain yang lebih kuat, seperti eksperimen semu atau studi longitudinal, khususnya pada konteks Indonesia.

## KESIMPULAN

Tinjauan terhadap 26 literatur menunjukkan bahwa robot berbasis kecerdasan buatan memiliki peran multidimensi dalam pembelajaran, mulai dari rekan belajar sosial, sarana pengembangan keterampilan STEM, hingga media personalisasi pembelajaran berbasis AI generatif. Melalui tahapan reduksi data, penyajian data, triangulasi teori, dan verifikasi, tinjauan ini berhasil memetakan empat tema utama beserta pola distribusinya menurut asal bahasa dokumen. Pola tersebut mengungkap adanya perbedaan orientasi riset yang konsisten antara literatur internasional dan literatur Indonesia.

Riset internasional cenderung berfokus pada dinamika interaksi manusia-robot dan dampak psikopedagogis melalui desain penelitian yang beragam, sedangkan riset Indonesia lebih berorientasi pada penerapan praktis melalui pelatihan robotika dan literasi kecerdasan buatan di kalangan pendidik dan peserta didik. Kedua arus penelitian tersebut pada dasarnya bersifat saling melengkapi: kekayaan teori dan metodologi pada literatur internasional dapat memperkaya kerangka evaluasi program pelatihan robotika di Indonesia, sementara pengalaman implementasi praktis di lapangan dapat memberikan data empiris bagi pengujian teori *human-robot interaction* pada konteks budaya dan sumber daya yang berbeda. Dengan demikian, kolaborasi lintas konteks pada akhirnya dapat mendukung pengembangan robot pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan lokal Indonesia.

Kontribusi utama tinjauan ini terletak pada pemetaan sistematis 26 dokumen ke dalam empat tema disertai penelusuran kode dokumen yang dapat ditelusuri ulang, sehingga proses *content analysis* bersifat transparan dan dapat direplikasi oleh peneliti lain. Bagi pengembangan keilmuan Teknik Industri, temuan mengenai adopsi teknologi (*Technology Acceptance Model*) dan desain sistem pembelajaran berbasis robot relevan dengan kajian *human factors engineering* dan perancangan sistem kerja manusia-mesin. Dengan demikian, tinjauan ini turut membuka peluang kolaborasi riset lintas disiplin antara teknik industri, robotika, dan ilmu pendidikan pada penelitian selanjutnya.

## REFERENSI

- Algerafi, M. A. M., Zhou, Y., Alfadda, H., & Wijaya, T. T. (2023). Understanding the factors influencing higher education students' intention to adopt artificial intelligence-based robots. *IEEE Access*, 11, 99752–99764. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/access.2023.3314499>
- Aula, A., & Husin, F. (2024). Bermain kreatif sambil belajar: Mengenal, membuat dan

- mengendalikan robot rover penjelajah Mars di sekolah dasar. *International Journal of Community Service Learning*, 7(3), 257–265. <https://doi.org/https://doi.org/10.23887/ijcs.v7i3.66383>
- Berry, C., Remy, S. L., & Rogers, T. (2016). Robotics for all ages: A standard robotics curriculum for K-16. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2), 40–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/mra.2016.2534240>
- Ceha, J., Law, E., Kulić, D., Oudeyer, P.-Y., & Roy, D. (2021). Identifying functions and behaviours of social robots for in-class learning activities: Teachers' perspective. *International Journal of Social Robotics*, 14(3), 747–761. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12369-021-00820-7>
- Chen, L., Cai, Y., Fang, Y., et al. (2025). Observing a robot peer's failures facilitates students' classroom learning. *Science Robotics*, 10(106), 5257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1126/scirobotics.adu5257>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/access.2020.2988510>
- Gumilang, Y. S. A., Rozaq, A., Sonalitha, E., Rabi', A., Sumarahinsih, A., Krisdianto, & Fahreza, M. A. R. (2023). Pengenalan dan pelatihan robot Lego pada siswa sekolah menengah pertama sebagai implementasi pembelajaran STEM di sekolah. *International Journal of Community Service Learning*, 7(2), 185–191. <https://doi.org/https://doi.org/10.23887/ijcs.v7i2.60811>
- Hais, Y. R., Fuady, S., Nehru, N., Pathoni, H., Manab, A., & Rabiula, A. (2023). Workshop edukasi pembuatan robot line follower menggunakan metode aktif eksperimental untuk meningkatkan kompetensi siswa di SMAN 15 Muaro Jambi. *Ejoin: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(3), 116–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.55681/ejoin.v1i3.636>
- Indriyanto, J., Purwono, P., & Hermanto, N. (2023). Peningkatan kemampuan tenaga pengajar robotik LPK Unik Robot menggunakan teknologi tepat guna dan pemasaran. *Jurnal Locus Penelitian Dan Pengabdian*, 2(10), 987–992. <https://doi.org/https://doi.org/10.58344/locus.v2i10.1802>
- Jayawardana, H. B. A., Sugiarto, M. A., & Prystiananta, N. C. (2023). Potensi penerapan pembelajaran berbasis AI (artificial intelligence) di PAUD. *JECIE (Journal of Early Childhood and Inclusive Education)*, 7(1), 251–255. <https://doi.org/https://doi.org/10.31537/jecie.v7i1.1515>
- Kadir, E. A., Syafitri, N., Dedikarni, & Fikri, T. B. D. (2023). Pelatihan dasar Arduino untuk robotika cerdas dengan penerapan teknologi kecerdasan buatan untuk sekolah menengah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Penerapan Ilmu Pengetahuan*, 4(2), 22–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.25299/jpmpip.2023.14848>
- Laksono, P. W., Damayanti, R. W., Rosyidi, C. N., Pujiyanto, E., Jauhari, W. A., & Dwicahyani, A. R. (2023). Perancangan perangkat pembelajaran Internet of Things (IoT) dan pengenalan robotika kepada siswa sekolah menengah di Surakarta sekitarnya. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Aplikasi Teknologi*, 2(2), 87–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.31284/j.adipati.2023.v2i2.4784>
- Lee, B., Ku, S., & Ko, K. (2025). AI robots promote South Korean preschoolers' AI literacy and computational thinking. *Family Relations*, 74(3), 1354–1375. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/fare.13189>
- LeTendre, G. K. (2023). Social robots in a project-based learning environment: Adolescent understanding of robot–human interactions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(1), 192–204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jcal.12872>
- Lin, X., Liu, H., Sun, Q., Li, X., Qian, H., Sun, Z., & Lam, T. L. (2022). Applying project-based learning in artificial intelligence and marine discipline: An evaluation study on a

- robotic sailboat platform. *IET Cyber-Systems and Robotics*, 4(2), 86–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.1049/csy2.12050>
- Liu, X., & Deng, Y. (2026). Investigating the educational impact of robotics classrooms on problem-solving skills and cognitive development among higher education students. *European Journal of Education*, 61(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ejed.70459>
- Murti, I. G. W. P., & Handayani, D. A. P. (2022). Game edukasi robot petualang Nusantara: Meningkatkan literasi budaya. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 5(2), 403–414. <https://doi.org/https://doi.org/10.23887/jippg.v5i2.49598>
- Rochim, A. A. (2024). Kecerdasan buatan: Resiko, tantangan dan penggunaan bijak pada dunia pendidikan. *Antroposen: Journal of Social Studies and Humaniora*, 3(1), 13–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.33830/antroposen.v3i1.6780>
- Rosanda, V., & Istenic Starcic, A. (2019). A review of social robots in classrooms: Emerging educational practices. *Education & Self Development*, 14(3), 93–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.26907/esd14.3.09>
- Roy, R., Babakerkhell, M. D., Mukherjee, S., Pal, D., & Funilkul, S. (2022). Evaluating the intention for the adoption of artificial intelligence-based robots in the university to educate the students. *IEEE Access*, 10, 125666–125678. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/access.2022.3225555>
- Shi, Z., O'Connell, A., Li, Z., Liu, S., Ayissi, J., Hoffman, G., Soleymani, M., & Matarić, M. J. (2024). Build your own robot friend: An open-source learning module for accessible and engaging AI education. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(21), 23137–23145. <https://doi.org/https://doi.org/10.1609/aaai.v38i21.30359>
- Sodik, A. (2024). Peran kecerdasan buatan (artificial intelligence) dalam mendorong inovasi manajemen pendidikan Islam di era revolusi industri 4.0. *An Naba*, 7(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.51614/annaba.v7i1.388>
- Suharyo, S., Subyantoro, S., & Pristiwati, R. (2024). Kecerdasan buatan dalam konteks Kurikulum Merdeka pada jenjang pendidikan dasar dan menengah: Membangun keterampilan menuju Indonesia Emas 2045. *Humanika*, 30(2), 208–217. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/humanika.v30i2.60563>
- Thamrin, H., Fatkhurrahman, Z., & Arsyad, M. L. (2024). Pelatihan aplikasi kecerdasan buatan dalam pendidikan bagi dosen UMMAD. *Abdi Teknayasa*, 5(1), 291–295. <https://doi.org/https://doi.org/10.23917/abditeknayasa.v5i1.5656>
- Verner, I., Perez, H., & Lavi, R. (2021). Characteristics of student engagement in high-school robotics courses. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(4), 2129–2150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10798-021-09688-0>
- Yueh, H.-P., & Chiang, F.-K. (2020). AI and robotics in reshaping the dynamics of learning. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1804–1807. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/bjet.13017>