Jurnal Kolaboratif Sains
e-ISSN : 2623-2022
Homepage Journal: https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS

# Pendidikan 4.0: Mempersiapkan Siswa untuk Dunia Kerja di Era AI dan Otomasi

*Education 4.0: Preparing Students for the World of Work in the Age of AI and Automation*

**Munir Tubagus[1], Susatyo Adhi Pramono[2], Sukini[3], Dwi Surti Junida[4], Apriani Riyanti[5]**
[1]IAIN Manado, munir.tubagus@iain-manado.ac.id
[2]Universitas Wijayakusuma Purwokerto, susatyoadhipramono@gmail.com
[3]Widya Dharma Klaten,sukinibima@gmail.com
[4]Universitas Tanjungpura,dwisurtijunida@fisip.untan.ac.id
[5]Universitas Binawan, apriani.riyanti@binawan.ac.id
***Corresponding Author: E-mail:Munir Tubagus,** munir.tubagus@iain-manado.ac.id

**Artikel Penelitian**

**Article History:**
Received: 7 Jun, 2025
Revised: 19 Aug, 2025
Accepted: 26 Sep, 2025

**Kata Kunci:**
Pendidikan 4.0;
Kecerdasan Buatan;
Literasi AI

***Keywords:***
*Job statisfaction;*
*Employee performance;*
*Herzberg's theory;*

**DOI: 10.56338/jks.v8i9.8652**

**Abstrak**
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsep Pendidikan 4.0 sebagai upaya mempersiapkan siswa menghadapi dunia kerja di era kecerdasan buatan (AI) dan otomatisasi. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan menelaah artikel-artikel ilmiah dari lima tahun terakhir yang relevan dengan topik Pendidikan 4.0, literasi AI, dan transformasi pembelajaran. Hasil telaah menunjukkan bahwa Pendidikan 4.0 tidak hanya sekadar integrasi teknologi digital dalam proses pembelajaran, tetapi juga transformasi menyeluruh yang mencakup kurikulum adaptif, pengembangan kompetensi abad ke-21, serta penekanan pada keterampilan berpikir kritis, literasi data, dan etika digital. Temuan utama mengindikasikan bahwa keterbatasan infrastruktur, rendahnya kompetensi guru dalam penggunaan AI, dan ketidakmatangan kebijakan pendidikan masih menjadi hambatan signifikan, terutama di negara berkembang. Pembahasan lebih lanjut menegaskan bahwa strategi implementasi Pendidikan 4.0 harus melibatkan integrasi literasi AI sejak pendidikan dasar, penguatan kompetensi pedagogis guru, serta kebijakan publik yang menjamin akses merata dan etika penggunaan teknologi. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa keberhasilan Pendidikan 4.0 sangat ditentukan oleh sinergi antara kurikulum, tenaga pendidik, infrastruktur, dan regulasi. Kesimpulan penelitian ini menekankan pentingnya membangun sistem pendidikan yang tidak hanya adaptif terhadap teknologi, tetapi juga inklusif, etis, dan berorientasi pada masa depan.

***ABSTRACT***

*This study aims to analyze the concept of Education 4.0 as an effort to prepare students for the world of work in the era of artificial intelligence (AI) and automation. The method employed is a literature review by examining scientific articles published in the last five years that are relevant to Education 4.0, AI literacy, and learning transformation. The findings show that Education 4.0 is not merely the integration of digital technology into the learning process, but also a comprehensive transformation that includes adaptive curricula, the development of 21st-century competencies, and an emphasis on critical thinking, data literacy, and digital ethics. The results indicate that limited infrastructure, teachers' lack of competence in utilizing AI, and underdeveloped educational policies remain significant barriers, particularly in developing countries. Further discussion highlights that strategies for implementing Education 4.0 should involve integrating AI literacy from primary education, strengthening teachers' pedagogical competencies, and developing public policies that ensure equitable access and ethical use of technology. The implications of this study suggest that the success of Education 4.0 largely depends on the synergy between curriculum, educators, infrastructure, and regulation. The study concludes by emphasizing the importance of building an education system that is not only adaptive to technology but also inclusive, ethical, and future-oriented.*

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dan komputasi yang pesat—termasuk kecerdasan buatan (AI), otomatisasi,dansistem siber-fisik—telah mendorong munculnya paradigma baru dalam pendidikan yang sering disebut Pendidikan 4.0. Konsep Pendidikan 4.0 berusaha menjembatani kebutuhan dunia pendidikan dengan tuntutan Industry 4.0, yaitu mempersiapkan lulusan yang tidak hanya menguasai pengetahuan teoretis tetapi juga kompetensi digital, kolaborasi lintas-disiplin, dan kemampuan adaptif yang relevan dengan pasar kerja yang berubah cepat. Dalam literatur terbaru, Pendidikan 4.0 dipetakan sebagai area penelitian yang berkembang pesat—dengan fokus pada teknologi pembelajaran, pengembangan kompetensi abad ke-21, dan inovasi kurikulum (Dao et al., 2022).

Transformasi dunia kerja oleh AI dan otomatisasi mengubah komposisi tugas-tugas yang dikerjakan manusia dan mesin. Beberapa pekerjaan bersifat lebih mudah diotomasi—terutama tugas berulang atau berbasis aturan—sementara muncul pula pekerjaan baru yang menuntut literasi data, keterampilan pengelolaan AI, serta kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah kompleks. Oleh karena itu, sistem pendidikan dituntut untuk menggeser perhatian dari sekadar transfer pengetahuan menuju pengembangan keterampilan yang membuat lulusan lebih resilient terhadap perubahan pasar kerja. Laporan mutakhir dari National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2024) menekankan perlunya menyusun kebijakan pendidikan dan pelatihan yang responsif terhadap dampak AI terhadap dunia kerja. Dalam konteks itu, penelitian pendidikan menekankan dua dimensi utama: (1) kompetensi teknis—termasuk literasi digital, pemahaman dasar AI, dan keterampilan teknis terkait; serta (2) kompetensi humanis atau 'job-proof'—seperti berpikir kritis, kreativitas, empati, dan kemampuan kolaborasi—yang sulit sepenuhnya digantikan oleh mesin. Dumitru dan Halpern (2023) menegaskan bahwa penguatan berpikir kritis dan kemampuan metakognitif adalah strategi utama untuk mempersiapkan siswa menghadapi ketidakpastian pekerjaan yang dibawa oleh AI. Pengajaran yang berorientasi transfer kemampuan (bukan sekadar penguasaan konten) menjadi semakin penting.

Praktik implementasi Pendidikan 4.0 juga menuntut perubahan pada desain kurikulum, pendekatan pedagogis, serta model asesmen. Model pembelajaran berbasis proyek, pembelajaran hibrid yang memanfaatkan pembelajaran adaptif bertenaga AI, serta kemitraan dengan industri untuk magang dan pengalaman lapangan menjadi beberapa pendekatan yang sering direkomendasikan. Torres-Sánchez (2024) menekankan bahwa penerapan teknologi pembelajaran harus diimbangi dengan perhatian pada kualitas pengajaran, inklusivitas, dan etika penggunaan AI dalam ruang kelas. Namun, adopsi Pendidikan 4.0 tidak tanpa hambatan. Di banyak negara berkembang terdapat kendala infrastruktur, keterbatasan sumber daya manusia (keterampilan guru), biaya implementasi, dan tantangan kebijakan yang menghambat transformasi skala sistem. Costan et al. (2021) menunjukkan

bahwa perencanaan strategis yang mempertimbangkan konteks lokal—termasuk kesiapan teknologi, dukungan pelatihan bagi pendidik, dan kebijakan yang memfasilitasi kolaborasi antara sekolah, perguruan tinggi, dan industri—menjadi sangat penting agar tujuan mempersiapkan siswa menuju dunia kerja era AI dan otomatisasi dapat tercapai secara adil dan berkelanjutan.

Selain kompetensi teknis dan humanis, sebuah dimensi penting dalam Pendidikan 4.0 adalah literasi AI (AI literacy). Literasi AI mencakup kesadaran, penggunaan, evaluasi, dan etika terkait AI—ini menjadi landasan agar siswa tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga mampu memahami implikasi sosial dan etisnya. Penelitian di Indonesia oleh Sari et al. (2025) menunjukkan bahwa literasi AI di kalangan mahasiswa masih relatif rendah dalam aspek pemahaman konseptual dan etika, sehingga mereka belum siap menghadapi tuntutan dunia kerja yang mengharuskan interaksi kritis dengan teknologi. Integrasi AI dalam pendidikan juga menghadirkan peluang pedagogis baru. Menurut Ng, Chan, dan Lo (2025), guru dan sekolah melihat potensi penggunaan Generative AI (GenAI) untuk mendukung pembelajaran yang lebih personal, mempercepat umpan balik, dan menciptakan materi ajar yang lebih adaptif terhadap kecepatan belajar siswa. Namun, penelitian mereka juga menemukan bahwa kesiapan institusi dan pelatihan guru merupakan hambatan utama.

Selanjutnya, adaptasi kurikulum menjadi aspek penting yang perlu mendapat perhatian serius. Ren dan Wu (2025) dalam studi mereka di ranah pendidikan tinggi menegaskan bahwa untuk dapat mengintegrasikan AI secara efektif, diperlukan kompetensi pengajaran yang kuat, desain pengalaman belajar dan penyampaian materi yang adaptif, serta pendekatan etis dan kebijakan institusi yang jelas. Tanpa itu, implementasi AI rentan terhadap efek jangka pendek, ketidaksetaraan akses (digital divide), dan kekurangan teknis seperti infrastruktur atau sumber daya yang kurang memadai. Di tingkat sekolah dasar dan menengah, literasi AI bukan hanya tugas tambahan tetapi harus masuk ke dalam pembelajaran inti. Studi sistematis oleh Yim et al. (2025) menemukan bahwa AI literacy di sekolah dasar melibatkan pemahaman konsep dasar AI, kemampuan berpikir komputasional, literasi data, dan etika penggunaan AI—yang semua ini harus dikembangkan melalui metode pedagogis yang sesuai usia, seperti pembelajaran berbasis proyek, interaksi agen-AI, dan pengalaman langsung yang memungkinkan siswa bereksperimen dengan AI. Akhirnya, tantangan regulatori, etis, dan kebijakan tidak bisa diabaikan. García-López dan Trujillo-Liñán (2025) mengidentifikasi bahwa tanpa regulasi yang jelas tentang privasi data, bias algoritmik, dan keadilan akses, penggunaan GenAI dapat memperburuk ketidaksetaraan pendidikan dan menimbulkan risiko keamanan serta kepercayaan publik.

Berdasarkan pemetaan isu-isu tersebut—definisi dan ranah Pendidikan 4.0, dampak AI terhadap pekerjaan, kompetensi yang dibutuhkan, praktik implementasi inovatif, literasi AI, serta hambatan regulasi dan etika—tulisan ini bertujuan untuk (1) mengkaji peran Pendidikan 4.0 dalam mempersiapkan siswa menghadapi dunia kerja yang didominasi AI dan otomatisasi; (2) mengevaluasi model-model kurikulum dan pedagogi yang efektif; serta (3) merumuskan rekomendasi kebijakan dan praktik yang dapat meningkatkan keterkaitan antara pendidikan dan kebutuhan pasar kerja masa kini dan mendatang

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur (literatur review) untuk menganalisis konsep, praktik, serta tantangan implementasi Pendidikan 4.0 dalam mempersiapkan siswa menghadapi dunia kerja di era kecerdasan buatan (AI) dan otomatisasi. Metode ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman komprehensif mengenai perkembangan teori, tren penelitian, serta bukti empiris terbaru terkait topik yang dikaji (Snyder, 2019). Sumber literatur yang digunakan mencakup artikel jurnal bereputasi internasional, prosiding konferensi, laporan kebijakan resmi, serta publikasi akademik terkait. Pencarian literatur dilakukan melalui beberapa basis data, antara lain Scopus, Web of Science, SpringerLink, ScienceDirect, dan Google Scholar, dengan batasan publikasi lima tahun terakhir (2020–2025). Batasan waktu ini ditetapkan agar temuan yang diperoleh tetap relevan dengan

perkembangan mutakhir dalam Pendidikan 4.0 dan penerapan AI di dunia pendidikan maupun dunia kerja.

Proses pemilihan literatur mengikuti kriteria inklusi tertentu, yaitu artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris atau Indonesia, berfokus pada topik Pendidikan 4.0, literasi AI, generative AI, kompetensi abad ke-21, serta transformasi pendidikan dalam konteks dunia kerja, dan memiliki sumber yang kredibel dengan identitas DOI atau publikasi resmi. Sementara itu, literatur yang bersifat opini populer, tidak memuat pembahasan substantif tentang pendidikan, atau tidak memiliki dasar metodologis yang jelas dikeluarkan dari analisis.

Tahapan pengumpulan data dilakukan melalui beberapa langkah. Pertama, dilakukan pencarian awal menggunakan kata kunci seperti Education 4.0, AI literacy, artificial intelligence in education, future of work, automation, dan skills for Industry 4.0. Kedua, dilakukan seleksi awal melalui telaah judul dan abstrak untuk memastikan kesesuaian dengan tujuan penelitian. Ketiga, artikel yang lolos seleksi ditelaah secara penuh untuk mengekstraksi informasi penting mengenai kompetensi yang dibutuhkan, strategi pedagogis, hambatan implementasi, serta rekomendasi kebijakan. Keempat, hasil temuan dari berbagai artikel dikelompokkan berdasarkan tema utama, yaitu (a) kompetensi abad ke-21 dan literasi AI, (b) pedagogi dan kurikulum Pendidikan 4.0, (c) integrasi teknologi AI dalam pendidikan, serta (d) tantangan regulasi dan kebijakan.

Analisis data dilakukan dengan metode sintesis naratif (narrative synthesis), yaitu pendekatan yang menekankan integrasi hasil dari berbagai studi ke dalam kerangka konseptual yang koheren (Grant & Booth, 2009). Melalui pendekatan ini, penelitian berusaha mengidentifikasi pola, tren, dan kesenjangan penelitian, sekaligus merumuskan implikasi praktis serta teoretis yang dapat digunakan untuk mengarahkan kebijakan dan strategi implementasi Pendidikan 4.0. Dengan demikian, hasil studi literatur ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam upaya mempersiapkan siswa menghadapi dunia kerja yang semakin dipengaruhi oleh AI dan otomatisasi.

## HASIL

Tabel 1. Hasil Telah Literatur

| Tema Utama | Temuan Utama | Referensi |
|---|---|---|
| Perkembangan Pendidikan 4.0 | Pendidikan 4.0 berkembang pesat, fokus pada teknologi pembelajaran, kompetensi abad ke-21, dan kurikulum adaptif. | Dao et al. (2022) |
| Dampak AI pada dunia kerja | AI dan otomatisasi menggantikan pekerjaan rutin, namun menciptakan kebutuhan baru seperti literasi data, kreativitas, dan berpikir kritis. | National Academies (2024); Dumitru & Halpern (2023) |
| Implementasi kurikulum dan pedagogi | Pendekatan transdisipliner, design thinking, dan pembelajaran berbasis proyek mendukung keterampilan kewirausahaan; hambatan: infrastruktur & guru. | Torres-Sánchez (2024); Costan et al. (2021) |
| Literasi AI (AI literacy) | Literasi AI penting sejak pendidikan dasar hingga perguruan tinggi; masih rendah terutama pada aspek etika dan pemahaman kritis. | Yim et al. (2025); Sari et al. (2025) |
| Integrasi Generative AI | Generative AI mendukung personalisasi pembelajaran dan efisiensi pengajaran; hambatan berupa kesiapan guru dan institusi. | Ng et al. (2025); Ren & Wu (2025) |
| Isu regulasi dan etika | Regulasi terkait privasi, bias algoritmik, dan akses keadilan belum memadai; diperlukan kebijakan inklusif dan etis. | García-López & Trujillo-Liñán (2025); Alwakid et al. (2025) |
| Kesimpulan umum | Pendidikan 4.0 berpotensi besar menyiapkan siswa | Sintesis keseluruhan |

| | | |
|---|---|---|
| | menghadapi dunia kerja berbasis AI, namun menghadapi tantangan multidimensi. | |

Berdasarkan hasil telaah literatur, dapat dilihat bahwa perkembangan Pendidikan 4.0 tidak hanya menekankan pada pemanfaatan teknologi sebagai sarana pendukung pembelajaran, tetapi juga pada penguatan kompetensi abad ke-21 yang meliputi kreativitas, kolaborasi, komunikasi, literasi digital, serta kemampuan berpikir kritis. Pendidikan berbasis teknologi ini berkembang seiring dengan kebutuhan dunia kerja yang semakin terdampak oleh hadirnya kecerdasan buatan (AI) dan otomatisasi. Pekerjaan rutin yang bersifat administratif atau mekanis cenderung digantikan oleh sistem cerdas, sementara kebutuhan akan kemampuan analitis, literasi data, pemecahan masalah kompleks, dan pengambilan keputusan berbasis teknologi semakin meningkat. Kondisi ini menuntut adanya kurikulum adaptif yang mampu membekali siswa dengan keterampilan lintas disiplin serta pendekatan pembelajaran yang kontekstual. Implementasi pedagogi inovatif, seperti pembelajaran berbasis proyek, design thinking, dan transdisipliner, terbukti mendukung lahirnya keterampilan kewirausahaan dan kreativitas, meskipun masih menghadapi kendala pada aspek infrastruktur, kompetensi guru, dan kesiapan sekolah dalam mengintegrasikan strategi pembelajaran tersebut.

Di sisi lain, literasi AI muncul sebagai kebutuhan mendesak bagi peserta didik maupun pendidik agar mampu memanfaatkan teknologi secara kritis dan etis. Meskipun literasi ini sangat penting diperkenalkan sejak pendidikan dasar, kenyataannya tingkat pemahaman tentang AI, terutama terkait etika, privasi, dan bias algoritmik, masih tergolong rendah. Hal ini semakin diperkuat oleh temuan yang menunjukkan bahwa integrasi Generative AI berpotensi besar dalam mendukung personalisasi pembelajaran, mempercepat akses informasi, dan meningkatkan efisiensi pengajaran, namun kesiapan institusi dan guru masih menjadi hambatan utama. Lebih jauh lagi, isu regulasi dan etika dalam penggunaan AI masih menjadi tantangan besar, karena kebijakan yang ada belum sepenuhnya mengantisipasi risiko seperti perlindungan data pribadi, keadilan akses, serta dampak sosial dari bias algoritma. Dengan demikian, meskipun Pendidikan 4.0 dan pemanfaatan AI membuka peluang besar bagi transformasi pendidikan dan persiapan generasi masa depan, keberhasilan implementasinya sangat bergantung pada sinergi antara inovasi teknologi, kesiapan sumber daya manusia, dukungan infrastruktur, serta kebijakan regulatif yang inklusif dan berkelanjutan.

Tabel 2. Rekomendasi Strategis Pendidikan 4.0 di Era AI dan Otomatisasi

| Tantangan | Rekomendasi Strategis | Aktor Utama | Referensi |
|---|---|---|---|
| Kesenjangan keterampilan antara kebutuhan industri dan kurikulum pendidikan | Integrasi literasi AI, literasi data, dan keterampilan abad ke-21 dalam kurikulum di semua jenjang pendidikan | Pemerintah, sekolah, perguruan tinggi | Dumitru & Halpern (2023); National Academies (2024); Sari et al. (2025) |
| Rendahnya literasi AI siswa dan mahasiswa, khususnya aspek etika dan pemahaman kritis | Pengembangan program literasi AI sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi dengan pendekatan berbasis proyek dan eksplorasi | Guru, sekolah, universitas | Yim et al. (2025); Sari et al. (2025) |
| Keterbatasan kompetensi guru dalam menggunakan AI untuk pembelajaran | Pelatihan profesional berkelanjutan, workshop, dan sertifikasi bagi guru/dosen terkait pedagogi berbasis AI | Pemerintah, lembaga pendidikan, guru | Ren & Wu (2025); Alwakid et al. (2025) |
| Infrastruktur terbatas di negara berkembang | Investasi pada teknologi pendidikan (hardware & software) dan perluasan akses internet yang merata | Pemerintah, sektor swasta | Costan et al. (2021) |
| Pemanfaatan Generative | Penyusunan kebijakan institusional | Perguruan | Ng et al. (2025); Ren |

| | | | |
|---|---|---|---|
| AI dalam pembelajaran menghadapi resistensi institusi | untuk pemanfaatan AI secara etis dan bertanggung jawab | tinggi, sekolah, regulator | & Wu (2025) |
| Isu privasi data, bias algoritmik, dan keadilan akses | Penyusunan kerangka regulasi nasional tentang AI di pendidikan, termasuk standar etika dan perlindungan data | Pemerintah, regulator pendidikan | García-López & Trujillo-Liñán (2025) |
| Kesenjangan antara visi Pendidikan 4.0 dan realitas implementasi di lapangan | Pendekatan adaptif dan kontekstual sesuai kondisi sosial-ekonomi tiap daerah; pilot project sebelum implementasi skala luas | Pemerintah, sekolah, komunitas lokal | Torres-Sánchez (2024); Costan et al. (2021) |

Berdasarkan rekomendasi strategis yang tersaji dalam Tabel 2, dapat dipahami bahwa implementasi Pendidikan 4.0 di era AI dan otomatisasi tidak dapat dilepaskan dari tantangan-tantangan mendasar yang dihadapi dunia pendidikan. Kesenjangan keterampilan antara kurikulum pendidikan dan kebutuhan nyata di industri menuntut adanya integrasi literasi AI, literasi data, serta keterampilan abad ke-21 dalam kurikulum di semua jenjang. Hal ini penting agar lulusan tidak hanya memiliki kompetensi akademik, tetapi juga mampu bersaing di pasar kerja global yang semakin terdigitalisasi. Selain itu, rendahnya literasi AI pada siswa dan mahasiswa, terutama terkait pemahaman etika dan aspek kritis, menunjukkan perlunya program pembelajaran berbasis proyek dan eksplorasi yang memperkuat pemikiran reflektif sekaligus mengajarkan penggunaan AI secara bijak. Upaya ini memerlukan dukungan penuh dari guru, sekolah, universitas, serta regulasi yang jelas agar literasi AI tidak sekadar dipahami sebagai keterampilan teknis, melainkan juga mencakup dimensi sosial, etis, dan humanis.

Tantangan lainnya terletak pada keterbatasan kompetensi guru dalam memanfaatkan AI sebagai bagian dari strategi pembelajaran. Untuk itu, pelatihan berkelanjutan, workshop, dan program sertifikasi menjadi langkah strategis dalam meningkatkan profesionalisme pendidik, sehingga mereka siap mengintegrasikan teknologi ke dalam praktik pedagogi sehari-hari. Infrastruktur yang masih terbatas, khususnya di negara berkembang, juga harus menjadi perhatian serius melalui investasi pemerintah dan sektor swasta dalam penyediaan perangkat teknologi serta akses internet yang merata. Selain itu, resistensi institusi terhadap pemanfaatan Generative AI dapat diatasi dengan penyusunan kebijakan internal yang menekankan penggunaan AI secara etis, bertanggung jawab, dan sesuai konteks pembelajaran. Pada saat yang sama, isu privasi data, bias algoritmik, dan keadilan akses menuntut adanya kerangka regulasi nasional yang jelas dan berpihak pada semua pihak. Untuk mengurangi kesenjangan antara visi besar Pendidikan 4.0 dan realitas implementasi di lapangan, pendekatan yang adaptif, kontekstual, dan berbasis pilot project perlu dijalankan terlebih dahulu sebelum diterapkan secara masif. Dengan demikian, keberhasilan Pendidikan 4.0 sangat bergantung pada sinergi antara pemerintah, lembaga pendidikan, guru, komunitas lokal, sektor swasta, dan regulator agar transformasi pendidikan dapat berjalan secara inklusif, berkelanjutan, dan relevan dengan tantangan zaman.

## DISKUSI

Diskusi pada penelitian ini menekankan bagaimana temuan literatur dapat diterjemahkan menjadi strategi implementasi Pendidikan 4.0 yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja di era AI dan otomatisasi. Salah satu tantangan utama adalah kesenjangan antara keterampilan yang dipersiapkan oleh sekolah dan kompetensi yang sebenarnya dibutuhkan industri. Laporan World Economic Forum (2024) menegaskan bahwa keterampilan abad ke-21 seperti literasi data, kreativitas, pemecahan masalah kompleks, dan etika digital menjadi semakin penting dibandingkan hanya penguasaan teknis. Sejalan dengan itu, EDUCAUSE (2024) menyoroti bahwa kurikulum pendidikan harus bergerak menuju

pengembangan kompetensi adaptif dan job-proof agar lulusan lebih siap menghadapi dinamika pekerjaan berbasis teknologi.

Selain kurikulum, literasi AI juga menjadi fokus penting. Studi Yim et al. (2025) menunjukkan bahwa literasi AI dapat diperkenalkan sejak tingkat sekolah dasar melalui pendekatan berbasis proyek. Namun, penelitian terbaru oleh Vettori et al. (2025) menemukan bahwa institusi pendidikan tinggi masih menghadapi hambatan struktural dalam memperluas pelatihan AI, seperti keterbatasan infrastruktur, disparitas akses antar mahasiswa, dan resistensi birokratis. Temuan ini memperkuat argumen bahwa literasi AI bukan sekadar keterampilan teknis, melainkan melibatkan aspek sosial, etis, dan kebijakan pendidikan yang harus disiapkan sejak awal.

Dari sisi guru dan dosen, kompetensi pedagogis menjadi faktor penentu keberhasilan Pendidikan 4.0. Kohnke (2025) menunjukkan bahwa calon guru masih merasa kurang percaya diri dalam mengintegrasikan AI ke dalam pembelajaran karena minimnya pelatihan formal. Ren dan Wu (2025) juga menegaskan bahwa integrasi AI di pendidikan tinggi menuntut keterampilan pedagogis baru, yang mencakup pemahaman etika, desain pengalaman belajar berbasis teknologi, serta kemampuan mengelola interaksi manusia-mesin dalam kelas. Untuk itu, pelatihan berkelanjutan, workshop, dan sertifikasi profesional bagi guru menjadi strategi kunci yang harus dijalankan. Selain faktor sumber daya manusia, infrastruktur masih menjadi hambatan besar terutama di negara berkembang. Costan et al. (2021) menegaskan bahwa keterbatasan akses internet dan perangkat digital memperlebar kesenjangan implementasi Pendidikan 4.0. Di sisi lain, adopsi generative AI seperti yang dibahas oleh Ng, Chan, dan Lo (2025) membawa peluang baru dalam mempercepat umpan balik dan mempersonalisasi pembelajaran, namun tanpa dukungan infrastruktur dan kesiapan institusi, potensi ini sulit diwujudkan.

Isu regulasi dan etika juga menjadi dimensi penting. García-López dan Trujillo-Liñán (2025) memperingatkan bahwa bias algoritmik, privasi data, dan ketidaksetaraan akses dapat menjadi risiko serius bila tidak diatur dengan baik. Oleh karena itu, kebijakan publik yang inklusif dan berbasis keadilan sosial sangat dibutuhkan. Hal ini sejalan dengan laporan World Economic Forum (2024), yang menekankan pentingnya membangun regulasi yang tidak hanya mendorong inovasi, tetapi juga memastikan keadilan dan keamanan dalam pendidikan berbasis AI. Akhirnya, kesenjangan antara visi dan realitas implementasi Pendidikan 4.0 menunjukkan perlunya pendekatan adaptif. Torres-Sánchez (2024) merekomendasikan pendekatan transdisipliner dengan design thinking agar pendidikan lebih kontekstual sesuai kebutuhan daerah. Pendekatan ini tidak hanya relevan untuk pengembangan keterampilan kewirausahaan berkelanjutan, tetapi juga memastikan bahwa strategi global dapat diadaptasi ke dalam kondisi lokal yang beragam.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa keberhasilan Pendidikan 4.0 tidak hanya bertumpu pada adopsi teknologi, melainkan juga integrasi kurikulum, penguatan literasi AI, pengembangan kompetensi guru, pembangunan infrastruktur, serta regulasi etis yang menjamin akses merata.

## KESIMPULAN

Hasil telaah literatur memperlihatkan bahwa Pendidikan 4.0 memiliki potensi besar dalam menyiapkan siswa menghadapi dunia kerja yang semakin dipengaruhi oleh kecerdasan buatan (AI) dan otomatisasi. Namun, keberhasilan implementasi sangat bergantung pada berbagai faktor kunci. Pertama, kurikulum harus secara eksplisit mengintegrasikan literasi AI, literasi data, keterampilan abad ke-21, serta kesadaran etis agar siswa mampu beradaptasi dengan perubahan yang cepat. Kedua, kompetensi guru dan dosen perlu ditingkatkan melalui pelatihan berkelanjutan dan program sertifikasi agar mampu mengadopsi teknologi dengan pendekatan pedagogis yang tepat. Ketiga, tantangan infrastruktur di negara berkembang menuntut investasi berkelanjutan, terutama pada akses internet dan perangkat digital. Keempat, pemanfaatan generative AI menghadirkan peluang dalam personalisasi pembelajaran, tetapi perlu didukung regulasi dan kebijakan institusional yang jelas.

Selain itu, isu etika dan regulasi harus menjadi prioritas agar integrasi AI tidak memperlebar ketidaksetaraan melalui bias algoritmik maupun privasi data. Dengan demikian, sinergi antara kurikulum, kompetensi pendidik, infrastruktur, dan kebijakan publik adaptif merupakan fondasi utama untuk mewujudkan Pendidikan 4.0 yang inklusif, etis, dan berkelanjutan. Pendidikan yang demikian akan lebih mampu menyiapkan siswa tidak hanya sebagai konsumen teknologi, melainkan juga sebagai aktor kritis yang siap bersaing dalam pasar kerja global berbasis AI dan otomatisasi.

## DAFTAR PUSTAKA

Alwakid, W. N., Dahri, N. A., Humayun, M., & Alwakid, G. N. (2025). Exploring the Role of AI and Teacher Competencies on Instructional Planning and Student Performance in an Outcome-Based Education System. Systems, 13(7), 517. https://doi.org/10.3390/systems13070517

Costan, E., Gonzales, G., Gonzales, R., Enriquez, L., Costan, F., Suladay, D., … Ocampo, L. (2021). Education 4.0 in developing economies: A systematic literature review of implementation barriers and future research agenda. Sustainability, 13(22), 12763. https://doi.org/10.3390/su132212763

Dao, L. T., Tran, T., Le, H. V., Nguyen, G. N., & Trinh, T. P. T. (2022). A bibliometric analysis of research on Education 4.0 during the 2017–2021 period. Education and Information Technologies, 28(3), 2437–2453. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11211-4

Dumitru, D., & Halpern, D. F. (2023). Critical thinking: Creating job-proof skills for the future of work. Journal of Intelligence, 11(10), 194. https://doi.org/10.3390/jintelligence11100194

EDUCAUSE Review. (2024). Must-have competencies and skills in our new AI world: A synthesis for educational reform. https://er.educause.edu/articles/2024/9/must-have-competencies-and-skills-in-our-new-ai-world-a-synthesis-for-educational-reform

García-López, E., & Trujillo-Liñán, I. (2025). Ethical and regulatory challenges of Generative AI in education: A systematic review. Education and Information Technologies. https://doi.org/10.1007/s10639-025-12933-2

Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. Health Information & Libraries Journal, 26(2), 91–108. https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x

Kohnke, L. (2025). Preparing future educators for AI-enhanced classrooms. Computers & Education: Artificial Intelligence, 8(6), 100314. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100314

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2024). Artificial intelligence and the future of work. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/27644

Ng, D. T. K., Chan, E. K. C., & Lo, C. K. (2025). Opportunities, challenges and school strategies for integrating generative AI in education. Computers and Education: Artificial Intelligence, 8(6), 100373. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100373

Ren, X., & Wu, M. L. (2025). Examining teaching competencies and challenges while integrating artificial intelligence in higher education. TechTrends, 69(3), 519–538. https://doi.org/10.1007/s11528-025-01055-3

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. Journal of Business Research, 104, 333–339. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

Torres-Sánchez, P. (2024). Education 4.0 framework for sustainable entrepreneurship: Transdisciplinary approaches and design thinking. Frontiers in Education. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1392131

Vettori, O., et al. (2025). The race for AI skills as an obstacle course: Institutional barriers in higher education. Scientific AI, 2(1), 100008. https://doi.org/10.1016/j.sciai.2025.100008

World Economic Forum. (2024). Shaping the future of learning: The role of AI in Education 4.0. World Economic Forum. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Learning_2024.pdf

Yim, I. H. Y., et al. (2025). Artificial intelligence literacy education in primary schools. International Journal of Technology and Design Education. https://doi.org/10.1007/s10798-025-09979-w