

Pendidikan Demokrasi di Era *Artificial Intelligence*: Penguatan Literasi Kewargaan untuk Menghadapi Disinformasi, Ujaran Kebencian, dan Polarisasi

Alil Rinenggo*¹

¹Program Studi Siyasah (Hukum Tata Negara), Fakultas Syariah dan Hukum,
UIN Sunan Gunung Djati Bandung
E-mail: alilrinenggo@uinsgd.ac.id

Abstrak

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) telah mengubah praktik demokrasi melalui transformasi penyebaran informasi, komunikasi politik, dan partisipasi warga negara di ruang digital. AI juga meningkatkan risiko disinformasi, ujaran kebencian, *deepfake*, dan polarisasi yang dapat melemahkan kualitas demokrasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis peran pendidikan demokrasi dalam memperkuat literasi kewargaan untuk menghadapi tantangan tersebut. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kepustakaan (*library research*) dan dianalisis melalui *content analysis* terhadap berbagai literatur ilmiah dan dokumen kebijakan. Hasil kajian menunjukkan bahwa pendidikan demokrasi perlu mengintegrasikan literasi digital, literasi AI, kemampuan berpikir kritis, etika digital, dan partisipasi kewargaan yang bertanggung jawab. Strategi tersebut dapat diwujudkan melalui integrasi literasi AI dalam pembelajaran Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan, penerapan pembelajaran partisipatif berbasis pemecahan masalah, serta peningkatan kompetensi guru. Upaya tersebut diharapkan mampu membentuk warga negara digital yang kritis, adaptif, dan ber karakter sehingga AI dapat dimanfaatkan untuk memperkuat nilai-nilai demokrasi.

Kata kunci: pendidikan demokrasi, *artificial intelligence*, literasi kewargaan, disinformasi, polarisasi.

Abstract

The development of *Artificial Intelligence* (AI) has transformed democratic practices by reshaping the dissemination of information, political communication, and citizen participation in digital spaces. At the same time, AI has heightened the risks of disinformation, hate speech, *deepfakes*, and polarization, which may undermine the quality of democracy. This study aims to analyze the role of democratic education in strengthening civic literacy to address these challenges. The study employs a qualitative approach using a library research method and analyzes various scholarly literature and policy documents through content analysis. The findings indicate that democratic education needs to integrate digital literacy, AI literacy, critical thinking skills, digital ethics, and responsible civic participation. These strategies can be implemented through the integration of AI literacy into Pancasila and Civic Education learning, the application of participatory problem-based learning, and the enhancement of teachers' competencies. These efforts are expected to foster critical, adaptive, and character-driven digital citizens, enabling AI to be utilized as a means of strengthening democratic values.

Keywords: Democratic Education, Artificial Intelligence, Civic Literacy, Disinformation, Polarization.

PENDAHULUAN

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) telah menghadirkan perubahan besar dalam ekosistem demokrasi digital, terutama dalam cara masyarakat memperoleh, memproduksi, dan mendistribusikan informasi politik. AI memberikan peluang untuk memperluas akses informasi, meningkatkan partisipasi publik, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Namun, teknologi ini juga membawa risiko baru karena dapat digunakan untuk menghasilkan konten manipulatif yang memengaruhi persepsi masyarakat terhadap realitas politik. UNESCO menegaskan bahwa perkembangan *generative AI* membutuhkan pendekatan yang berpusat pada manusia (*human-centred approach*) agar pemanfaatannya tetap memperhatikan aspek etika, keamanan, dan tanggung jawab sosial (UNESCO, 2023). Selain itu, penelitian mengenai tata kelola AI dalam demokrasi menunjukkan bahwa teknologi kecerdasan buatan dapat memberikan dampak terhadap hak partisipasi warga negara apabila tidak disertai dengan mekanisme pengawasan dan literasi teknologi yang memadai (Zidouemba, 2025).

Kemampuan AI dalam menghasilkan konten sintetis (*synthetic media*) menjadi salah satu tantangan terbesar bagi demokrasi kontemporer. Teknologi seperti *deepfake* memungkinkan pembuatan video, suara, dan gambar yang tampak autentik meskipun

sebenarnya telah mengalami manipulasi. Kondisi ini berpotensi menimbulkan kebingungan publik, melemahkan kepercayaan terhadap sumber informasi, serta membuka peluang penyebaran propaganda politik berbasis rekayasa digital. Pawelec (2022) menjelaskan bahwa *deepfake* dapat mengancam fungsi utama demokrasi karena mampu digunakan untuk menyebarkan disinformasi dan ujaran kebencian dalam ruang publik. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa perkembangan media digital dapat memberikan dampak negatif terhadap demokrasi ketika masyarakat mengalami penurunan kepercayaan politik dan meningkatnya polarisasi akibat konsumsi informasi digital yang tidak kritis (Lorenz-Spreen et al., 2022).

Selain menghasilkan disinformasi, perkembangan teknologi digital berbasis algoritma juga berkontribusi terhadap meningkatnya polarisasi sosial dan penyebaran ujaran kebencian. Sistem rekomendasi pada platform digital sering kali memperkuat keterpaparan pengguna terhadap informasi yang sesuai dengan preferensi sebelumnya sehingga membentuk ruang informasi yang homogen (*echo chamber*). Situasi tersebut dapat mempersempit ruang dialog publik karena individu cenderung berinteraksi hanya dengan kelompok yang memiliki pandangan serupa. Kajian sistematis terhadap 496 penelitian mengenai hubungan media digital dan demokrasi menemukan bahwa media digital memang dapat meningkatkan partisipasi politik, tetapi juga memiliki hubungan dengan meningkatnya polarisasi dan menurunnya kepercayaan politik dalam konteks tertentu (Lorenz-Spreen et al., 2022). Selain itu, penelitian mengenai ujaran kebencian digital menunjukkan bahwa pendidikan memiliki peran penting dalam membangun kemampuan individu untuk menghadapi ekstremisme dan komunikasi kebencian di ruang daring (Castellví et al., 2022).

Menghadapi berbagai tantangan tersebut, pendidikan demokrasi perlu mengalami perluasan orientasi dari sekadar pemahaman mengenai institusi politik menuju penguatan kompetensi kewargaan dalam ruang digital. Literasi kewargaan (*civic literacy*) menjadi aspek penting karena mencakup kemampuan warga negara dalam memahami informasi, mengevaluasi kebenaran sumber, serta berpartisipasi secara bertanggung jawab dalam kehidupan demokratis. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa kemampuan literasi informasi memiliki hubungan erat dengan kemampuan masyarakat dalam mengenali disinformasi dan mengambil keputusan berbasis informasi yang valid (Lilja et al., 2024). UNESCO juga menekankan bahwa penggunaan AI dalam pendidikan harus disertai pengembangan kapasitas manusia agar masyarakat mampu memahami peluang sekaligus risiko teknologi tersebut secara kritis (UNESCO, 2023).

Dalam era AI, warga negara tidak hanya menjadi penerima informasi, tetapi juga menjadi aktor yang berperan dalam menciptakan dan menyebarluaskan informasi melalui berbagai platform digital. Oleh sebab itu, kemampuan literasi digital, literasi AI, dan literasi kewargaan menjadi bagian penting dari kompetensi warga negara modern. Pendidikan demokrasi memiliki posisi strategis dalam membentuk individu yang mampu menggunakan teknologi secara etis, melakukan verifikasi informasi, serta menghargai keberagaman pandangan dalam ruang publik digital. Penelitian mengenai pendidikan kewargaan digital menunjukkan bahwa proses pembelajaran dapat menjadi sarana untuk membangun kemampuan berpikir kritis dalam menghadapi ekstremisme, ujaran kebencian, dan konflik berbasis informasi (Castellví et al., 2022). Sejalan dengan itu, kajian mengenai media *literacy* menegaskan bahwa kemampuan memahami dan mengevaluasi informasi menjadi faktor penting dalam menghadapi fenomena berita palsu (*fake news*) dan manipulasi informasi digital (Jones-Jang et al., 2021).

Berdasarkan kondisi tersebut, pendidikan demokrasi di era *Artificial Intelligence* perlu diarahkan pada penguatan literasi kewargaan sebagai strategi membangun masyarakat yang memiliki ketahanan terhadap disinformasi, ujaran kebencian, dan polarisasi sosial. Literasi kewargaan tidak hanya berkaitan dengan kemampuan memahami konsep demokrasi, tetapi juga kemampuan untuk berpartisipasi secara kritis dan bertanggung jawab dalam ruang digital. Integrasi antara pendidikan demokrasi, literasi digital, dan pemahaman mengenai AI menjadi langkah penting untuk memastikan perkembangan teknologi tetap mendukung nilai-nilai demokrasi, seperti kebebasan

berpikir, toleransi, dialog publik, dan penghormatan terhadap perbedaan (UNESCO, 2023; Lorenz-Spreen et al., 2022).

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan kualitatif dengan desain studi kepustakaan (library research). Pendekatan tersebut dipilih karena tujuan penelitian adalah mengkaji secara mendalam berbagai konsep, teori, dan hasil penelitian yang berkaitan dengan pendidikan demokrasi pada era *Artificial Intelligence* (AI), serta perannya dalam memperkuat literasi kewargaan untuk menghadapi disinformasi, ujaran kebencian, dan polarisasi di ruang digital.

Data yang digunakan seluruhnya bersumber dari dokumen kepustakaan. Sumber utama meliputi artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal nasional maupun internasional, buku akademik, serta dokumen kebijakan yang membahas pendidikan demokrasi, literasi kewargaan, literasi digital, kecerdasan buatan, dan etika bermedia. Untuk memperkaya analisis, penelitian juga memanfaatkan sumber pendukung berupa laporan lembaga pemerintah, organisasi internasional, serta regulasi yang memiliki keterkaitan dengan fokus kajian.

Analisis data dilakukan menggunakan teknik analisis isi (content analysis). Tahapan analisis dimulai dengan mengidentifikasi dan menyeleksi literatur yang relevan, kemudian mengorganisasikan informasi ke dalam beberapa tema utama, yaitu pendidikan demokrasi, *Artificial Intelligence*, literasi kewargaan, disinformasi, ujaran kebencian, dan polarisasi. Selanjutnya, setiap temuan dianalisis secara komparatif untuk menemukan keterkaitan antarkonsep, pola, serta perspektif yang berkembang dalam berbagai penelitian terdahulu. Hasil analisis kemudian disintesis menjadi suatu uraian yang komprehensif guna menjawab tujuan penelitian.

Keabsahan hasil penelitian melalui proses triangulasi sumber dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari berbagai referensi ilmiah, dokumen resmi, dan laporan lembaga yang memiliki kredibilitas tinggi. Selain itu, setiap sumber dievaluasi berdasarkan kualitas penerbit, reputasi jurnal, relevansi substansi, serta aktualitas publikasi sehingga interpretasi yang dihasilkan memiliki dasar akademik yang kuat.

Berdasarkan hasil sintesis tersebut, penelitian menyusun interpretasi secara deskriptif dan analitis untuk merumuskan strategi penguatan literasi kewargaan melalui pendidikan demokrasi yang selaras dengan perkembangan teknologi *Artificial Intelligence*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi konseptual bagi pengembangan kajian akademik sekaligus menjadi referensi dalam penyusunan kebijakan dan praktik pendidikan yang responsif terhadap tantangan demokrasi di era digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Demokrasi di Era AI: Peluang dan Tantangan

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) telah membawa perubahan yang signifikan terhadap praktik demokrasi, terutama dalam proses komunikasi politik, penyebaran informasi, dan partisipasi warga negara di ruang digital. AI memungkinkan analisis data secara cepat untuk mendukung pengambilan keputusan publik, meningkatkan efisiensi pelayanan pemerintahan, serta memperluas akses masyarakat terhadap informasi politik. Di sisi lain, pemanfaatan AI juga memunculkan tantangan baru berupa manipulasi informasi, penyalahgunaan algoritma, dan ancaman terhadap kualitas deliberasi publik. Menurut Wieczorek (2025), AI memiliki potensi untuk mendukung proses demokrasi apabila dikembangkan dengan memperhatikan prinsip etika, transparansi, dan pengawasan manusia. Senada dengan itu, Floridi dan Cowls (2022) menegaskan bahwa tata kelola AI harus berlandaskan nilai-nilai demokrasi, keadilan, dan akuntabilitas agar teknologi tidak mengurangi hak-hak warga negara (Wieczorek, 2025; Floridi & Cowls, 2022).

Salah satu peluang utama AI dalam demokrasi adalah meningkatkan partisipasi masyarakat melalui pemanfaatan platform digital yang lebih responsif dan berbasis data. Teknologi AI mampu menganalisis aspirasi publik dalam jumlah besar, membantu pemerintah mengidentifikasi kebutuhan masyarakat, serta mendukung penyusunan kebijakan yang lebih tepat sasaran. Selain itu, AI dapat dimanfaatkan untuk

menyederhanakan informasi publik sehingga lebih mudah dipahami oleh masyarakat dari berbagai latar belakang. Namun, pemanfaatan AI dalam ruang demokrasi tetap memerlukan literasi digital yang memadai agar masyarakat mampu memahami cara kerja algoritma dan menggunakan teknologi secara kritis. Penelitian Arribas, Arcos, dan Gertrudix (2025) menunjukkan bahwa peningkatan literasi digital dan AI menjadi strategi penting untuk memperkuat ketahanan masyarakat terhadap manipulasi informasi. Hasil penelitian Eroglu dkk., (2025) juga menunjukkan bahwa pendidikan kewargaan yang adaptif terhadap perkembangan teknologi mampu meningkatkan partisipasi demokratis sekaligus memperkuat komitmen terhadap nilai-nilai demokrasi (Arribas et al., 2025; Eroglu et al., 2025).

Perkembangan AI juga menghadirkan tantangan serius bagi demokrasi, terutama melalui penyebaran disinformasi, ujaran kebencian, dan polarisasi politik. Kemajuan *generative AI* memungkinkan pembuatan teks, gambar, audio, maupun video yang sulit dibedakan dari konten asli sehingga meningkatkan risiko penyebaran informasi palsu secara masif. Selain itu, algoritma media sosial cenderung memperkuat *echo chamber* dan *filter bubble*, yang menyebabkan masyarakat lebih sering menerima informasi yang sejalan dengan pandangannya sendiri daripada informasi yang berimbang. Kondisi ini dapat memperlemah dialog publik, meningkatkan polarisasi, serta menurunkan kepercayaan terhadap institusi demokrasi. Perez-Mugg (2025) menekankan bahwa pendidikan harus membekali peserta didik dengan kemampuan berpikir kritis dalam mengevaluasi informasi di era AI. Sejalan dengan itu, Lathrop (2025) menyatakan bahwa penguatan literasi media dan epistemologi kritis menjadi prasyarat penting untuk membangun warga negara yang mampu menghadapi tantangan demokrasi di tengah maraknya disinformasi berbasis AI (Perez-Mugg, 2025; Lathrop, 2025).

Temuan tersebut menunjukkan bahwa AI merupakan teknologi yang bersifat ambivalen, yaitu dapat menjadi instrumen untuk memperkuat maupun melemahkan demokrasi, bergantung pada tata kelola, regulasi, dan kapasitas masyarakat dalam menggunakannya. Oleh karena itu, pendidikan demokrasi perlu bertransformasi dengan mengintegrasikan literasi digital, literasi AI, dan literasi kewargaan sebagai kompetensi utama abad ke-21. Pendekatan ini diharapkan mampu membentuk warga negara yang tidak hanya cakap memanfaatkan teknologi, tetapi juga memiliki kemampuan mengevaluasi informasi secara kritis, menghargai keberagaman pendapat, serta berpartisipasi secara bertanggung jawab dalam kehidupan demokratis. Dengan demikian, penguatan literasi kewargaan menjadi strategi fundamental untuk memastikan bahwa perkembangan AI tetap sejalan dengan nilai-nilai demokrasi, hak asasi manusia, dan kepentingan publik (Wieczorek, 2025; Eroglu et al., 2025).

Disinformasi sebagai Ancaman terhadap Kualitas Kewargaan

Disinformasi merupakan penyebaran informasi yang sengaja dibuat atau dimanipulasi untuk menyesatkan publik dengan tujuan memengaruhi opini, sikap, maupun perilaku masyarakat. Dalam era digital, disinformasi berkembang sangat cepat melalui media sosial, aplikasi percakapan, dan berbagai platform digital sehingga sulit dibedakan dari informasi yang benar. Kondisi ini menjadi ancaman serius terhadap kualitas kewargaan (*quality of citizenship*), karena warga negara tidak lagi mendasarkan partisipasi politik dan sosialnya pada informasi yang akurat. Geers et al., (2024) menjelaskan bahwa penyebaran disinformasi terjadi melalui beberapa tahapan, mulai dari pemilihan sumber informasi hingga keputusan seseorang untuk membagikan informasi tersebut, sehingga memperbesar peluang penyebaran informasi palsu. Sementara itu, Lilja et al., (2024) menegaskan bahwa rendahnya literasi kewargaan (*civic literacy*) menyebabkan masyarakat semakin rentan terhadap disinformasi yang pada akhirnya melemahkan kualitas demokrasi.

Kualitas kewargaan ditandai oleh kemampuan warga negara untuk berpikir kritis, menghormati perbedaan, berpartisipasi secara bertanggung jawab, dan mengambil keputusan berdasarkan fakta. Disinformasi mengikis karakter tersebut karena mendorong terbentuknya polarisasi, prasangka, dan menurunnya kepercayaan terhadap institusi demokrasi. Stitzlein (2024) menyatakan bahwa pendidikan kewarganegaraan pada era digital harus mampu membangun pemahaman tentang kebenaran (*truth*) sebagai dasar partisipasi demokratis agar masyarakat tidak mudah terjebak dalam narasi populisme

maupun manipulasi informasi. Selain itu, Schmitt et al., (2024) menegaskan bahwa pendidikan kewarganegaraan digital perlu mengembangkan civic literacy yang memungkinkan warga negara mengevaluasi kredibilitas informasi secara kritis sebelum mengambil tindakan di ruang digital.

Dampak disinformasi tidak hanya berhenti pada kesalahan persepsi individu, tetapi juga memengaruhi kehidupan demokrasi secara lebih luas. Penyebaran informasi palsu dapat menurunkan kepercayaan publik terhadap pemerintah, lembaga pemilu, media, maupun institusi hukum sehingga memperlemah legitimasi demokrasi. Penelitian Hoes et al., (2024) menunjukkan bahwa berbagai intervensi untuk melawan disinformasi memang dapat mengurangi kesalahpahaman masyarakat, namun perlu dirancang secara hati-hati agar tidak menimbulkan skeptisisme berlebihan terhadap seluruh informasi. Di sisi lain, Jungherr dan Rauchfleisch (2024) mengingatkan bahwa narasi yang terlalu alarmis mengenai disinformasi juga dapat memperburuk kepercayaan masyarakat terhadap sistem demokrasi apabila tidak disertai pendekatan berbasis bukti ilmiah.

Oleh karena itu, penguatan kualitas kewargaan harus dilakukan melalui pendidikan kewarganegaraan yang adaptif terhadap perkembangan teknologi informasi. Literasi digital, kemampuan berpikir kritis, verifikasi informasi, serta etika bermedia perlu menjadi kompetensi utama warga negara abad ke-21. Pendidikan kewarganegaraan tidak lagi cukup berfokus pada pengetahuan konstitusi, tetapi juga harus membekali peserta didik dengan kemampuan mengenali, mengevaluasi, dan menangkal disinformasi di ruang digital. Temuan Maulana dan Milanti (2023) menunjukkan bahwa program *civic engagement* dalam pendidikan kewarganegaraan dapat meningkatkan kapasitas generasi muda menghadapi tantangan demokrasi, termasuk penyebaran disinformasi. Selanjutnya, Gagrčin et al., (2022) menjelaskan bahwa kewargaan digital yang baik ditandai oleh tanggung jawab dalam berdiskusi, menyampaikan informasi, dan menjaga kualitas ruang publik digital melalui perilaku komunikasi yang etis dan berbasis fakta.

Ujaran Kebencian dan Polarisasi sebagai Erosi Etika Demokrasi di Era AI

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) telah mengubah lanskap komunikasi politik secara fundamental. Algoritma AI memungkinkan produksi, distribusi, dan personalisasi informasi dalam skala yang belum pernah terjadi sebelumnya. Di satu sisi, AI dapat meningkatkan akses informasi dan partisipasi publik, namun di sisi lain teknologi ini juga mempercepat penyebaran ujaran kebencian (*hate speech*), disinformasi, serta manipulasi opini publik melalui konten sintesis seperti *deepfake*. Kondisi tersebut mengancam kualitas deliberasi publik yang menjadi fondasi utama demokrasi. Pawelec (2022) menjelaskan bahwa teknologi *deepfake* berpotensi merusak fungsi inti demokrasi karena mampu menciptakan narasi palsu yang sulit dibedakan dari informasi autentik, sehingga menurunkan kepercayaan masyarakat terhadap institusi demokrasi.

Fenomena ujaran kebencian di era AI tidak lagi bergantung sepenuhnya pada interaksi manusia, melainkan diperkuat oleh sistem rekomendasi berbasis algoritma yang mengutamakan keterlibatan (*engagement*) pengguna. Konten yang provokatif, emosional, dan memecah belah cenderung memperoleh jangkauan lebih luas dibandingkan informasi yang bersifat faktual. Akibatnya, ruang publik digital mengalami polarisasi yang semakin tajam melalui terbentuknya *echo chamber* dan *filter bubble*. Rodilosso (2024) menegaskan bahwa algoritma AI pada media sosial dapat memperkuat ekstremisme dan polarisasi politik dengan membatasi paparan pengguna terhadap pandangan yang beragam, sehingga mengikis kemampuan masyarakat untuk berdialog secara rasional.

Polarisasi sosial yang semakin menguat di era *Artificial Intelligence* dan media digital berpotensi mengurangi kualitas hubungan sosial antarmasyarakat. Algoritma pada platform digital cenderung menampilkan informasi yang sesuai dengan preferensi pengguna sehingga individu lebih sering terpapar pada pandangan yang sejalan dengan keyakinannya. Kondisi ini membentuk *echo chamber* yang membatasi paparan terhadap perspektif berbeda, sehingga meningkatkan kecenderungan munculnya prasangka, intoleransi, dan konflik antarkelompok. Dampak lebih lanjut adalah menurunnya kepercayaan sosial, melemahnya kohesi masyarakat, serta berkurangnya ruang dialog yang terbuka dalam kehidupan demokrasi. Oleh karena itu, pendidikan kewargaan digital perlu

membekali peserta didik dengan kemampuan berpikir kritis, memahami cara kerja algoritma, serta mengembangkan sikap terbuka terhadap keberagaman pandangan agar mampu berpartisipasi secara bertanggung jawab dalam ruang digital (Chueca del Cerro, 2024; Ridha et al., 2025).

Erosi etika demokrasi juga tampak dari melemahnya *epistemic agency* atau kemampuan warga negara untuk menilai kebenaran informasi secara kritis. Dalam demokrasi, pengambilan keputusan politik seharusnya didasarkan pada informasi yang dapat dipertanggungjawabkan. Namun, kemajuan AI generatif memungkinkan produksi berita palsu, manipulasi visual, hingga propaganda otomatis dalam waktu singkat. Coeckelbergh (2023) menyatakan bahwa AI dapat mengganggu kapasitas epistemik warga negara karena individu semakin sulit membedakan fakta, opini, dan manipulasi algoritmik. Apabila kondisi ini berlangsung terus-menerus, legitimasi demokrasi dapat melemah karena keputusan politik tidak lagi didasarkan pada pengetahuan yang valid, melainkan pada informasi yang telah direkayasa.

Menghadapi tantangan tersebut, diperlukan tata kelola AI yang berlandaskan prinsip etika, transparansi algoritma, literasi digital, serta penegakan hukum terhadap penyebaran ujaran kebencian. Selain regulasi, penguatan budaya demokrasi yang menghargai perbedaan pendapat, dialog yang santun, dan tanggung jawab dalam menggunakan teknologi menjadi kebutuhan yang mendesak. Germani, Spitale, dan Biller-Andorno (2024) menekankan bahwa pengembangan AI harus diiringi dengan tata kelola yang transparan, peningkatan literasi informasi, serta mekanisme pengawasan yang mampu meminimalkan penyebaran disinformasi dan ujaran kebencian tanpa mengorbankan kebebasan berekspresi. Dengan demikian, AI dapat dimanfaatkan sebagai instrumen penguatan demokrasi, bukan sebagai sarana yang mempercepat degradasi etika kehidupan berbangsa.

Dimensi Kompetensi Literasi Kewargaan Digital

Kompetensi literasi kewargaan digital merupakan kemampuan individu dalam memanfaatkan teknologi digital secara cerdas, bertanggung jawab, dan beretika. Kompetensi ini tidak hanya berkaitan dengan kemampuan teknis menggunakan perangkat digital, tetapi juga mencakup pemahaman terhadap hak, kewajiban, serta partisipasi aktif sebagai warga negara di ruang digital. Huschle, Kindlinger, dan Abs (2024) menyatakan bahwa kompetensi kewargaan digital merupakan kombinasi pengetahuan, keterampilan, sikap, dan tanggung jawab yang diperlukan agar individu mampu berpartisipasi secara konstruktif dalam masyarakat digital.

Dimensi pertama adalah pengetahuan (*knowledge*), yaitu pemahaman mengenai etika digital, keamanan siber, privasi data, hak digital, serta kemampuan mengenali informasi yang valid dan menghindari misinformasi. Pengetahuan tersebut menjadi dasar bagi seseorang untuk mengambil keputusan yang tepat ketika berinteraksi di ruang digital. Menurut Isabella et al., (2024) penguatan literasi digital menjadi faktor penting dalam membangun tata kelola digital yang efektif dan meningkatkan kualitas partisipasi masyarakat.

Dimensi kedua adalah keterampilan (*skills*), yaitu kemampuan mengakses, mengevaluasi, mengolah, menciptakan, dan menyebarkan informasi secara kritis serta bertanggung jawab. Selain itu, keterampilan ini mencakup kemampuan berkolaborasi dan memanfaatkan teknologi untuk memecahkan berbagai persoalan sosial. Von Gillern et al., (2024) menegaskan bahwa keterampilan literasi digital harus disertai kemampuan berpikir kritis agar peserta didik mampu menjadi warga negara digital yang aktif dan bertanggung jawab.

Dimensi ketiga adalah sikap dan nilai (*attitudes and values*), yaitu perilaku yang mencerminkan kejujuran, tanggung jawab, toleransi, penghormatan terhadap hak orang lain, serta kepedulian terhadap kepentingan bersama di ruang digital. Sikap dan nilai tersebut menjadi landasan dalam mewujudkan ekosistem digital yang aman, demokratis, dan beretika. Oleh karena itu, kompetensi literasi kewargaan digital tidak hanya menekankan aspek penguasaan teknologi, tetapi juga pembentukan karakter warga negara yang bertanggung jawab (Huschle et al., 2024).

Literasi Kewargaan sebagai Pondasi Ketahanan Demokrasi

Literasi kewargaan merupakan kemampuan warga negara untuk memahami hak dan kewajibannya, berpikir kritis terhadap isu-isu publik, serta berpartisipasi secara aktif dan bertanggung jawab dalam kehidupan demokrasi. Di era digital, literasi kewargaan tidak hanya mencakup pemahaman mengenai konstitusi dan sistem pemerintahan, tetapi juga kemampuan menyaring informasi, menangkal disinformasi, serta menghargai keberagaman. Menurut Nurjanah et al., (2024) penguatan literasi kritis pada warga negara, khususnya generasi muda, menjadi faktor penting dalam membangun partisipasi demokratis yang sehat dan mencegah polarisasi sosial akibat penyebaran informasi yang tidak valid.

Literasi kewargaan memiliki peran strategis dalam memperkuat ketahanan demokrasi karena menghasilkan warga negara yang mampu mengambil keputusan secara rasional, menghormati hak asasi manusia, serta menyelesaikan perbedaan melalui dialog dan musyawarah. Pembelajaran Pendidikan Kewarganegaraan yang inovatif, seperti *project-based blended learning*, terbukti dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, dan *humanity literacy* yang menjadi modal penting dalam menjaga kualitas demokrasi. Kusnadi et al., (2023) menyatakan bahwa model pembelajaran tersebut efektif dalam membentuk karakter kewargaan yang adaptif terhadap tantangan kehidupan demokrasi di era modern.

Oleh karena itu, penguatan literasi kewargaan harus menjadi bagian integral dalam sistem pendidikan agar mampu membentuk warga negara yang cerdas, demokratis, dan bertanggung jawab. Literasi kewargaan tidak hanya meningkatkan pengetahuan politik, tetapi juga membangun kesadaran untuk berpartisipasi dalam kehidupan bermasyarakat, menghargai keberagaman, serta menjaga persatuan bangsa. Dengan demikian, semakin tinggi tingkat literasi kewargaan masyarakat, semakin kuat pula ketahanan demokrasi suatu negara dalam menghadapi tantangan global maupun perkembangan teknologi informasi (Sukmayadi, dkk., 2024).

Selain meningkatkan kemampuan berpikir kritis, literasi kewargaan juga berfungsi memperkuat kapasitas warga negara dalam berpartisipasi secara demokratis di ruang digital. Perkembangan media sosial telah mengubah cara masyarakat memperoleh informasi dan membentuk opini politik, sehingga pendidikan kewargaan perlu beradaptasi dengan lingkungan digital. Literasi kewargaan tidak lagi hanya berorientasi pada penguasaan pengetahuan politik, tetapi juga mencakup kemampuan mengevaluasi kredibilitas informasi, memahami dinamika algoritma media sosial, serta berpartisipasi secara bertanggung jawab dalam diskursus publik. Schmitt, Baake, dan Kero (2024) menegaskan bahwa tujuan utama pendidikan kewargaan di era digital adalah membangun *civic literacy*, yaitu perpaduan antara pengetahuan politik, sikap demokratis, motivasi untuk terlibat, dan kemauan berpartisipasi dalam kehidupan publik. Oleh karena itu, penguatan literasi kewargaan menjadi fondasi penting dalam menciptakan warga negara yang adaptif, kritis, dan mampu menjaga kualitas demokrasi di tengah pesatnya perkembangan teknologi digital.

Pendidikan Kewargaan Digital bagi Generasi Muda di Era AI

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) telah mengubah cara generasi muda belajar, berkomunikasi, dan berpartisipasi dalam kehidupan bermasyarakat. Kondisi ini menjadikan pendidikan kewargaan digital (*digital citizenship*) sebagai kompetensi yang sangat penting untuk membentuk warga negara yang mampu menggunakan teknologi secara kritis, etis, dan bertanggung jawab. Vallès-Peris dan Domènech i Argemí (2024) menjelaskan bahwa pendidikan kewargaan digital tidak cukup hanya mengajarkan keterampilan menggunakan teknologi, tetapi juga harus membangun kesadaran demokrasi, tanggung jawab sosial, dan kemampuan mengambil keputusan secara etis dalam ruang digital. Dengan demikian, pendidikan kewarganegaraan di era AI perlu mengintegrasikan literasi digital, etika digital, serta pemanfaatan AI yang bertanggung jawab (Vallès-Peris & Domènech i Argemí, 2024).

Literasi AI merupakan bagian penting dari pendidikan kewargaan digital karena generasi muda dihadapkan pada informasi yang dihasilkan oleh algoritma dan kecerdasan

buatan yang tidak selalu akurat. Buchan, Bhawra, dan Katapally (2024) menyatakan bahwa penguatan literasi digital membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir kritis, mengevaluasi informasi, melindungi data pribadi, serta memahami risiko penyalahgunaan teknologi digital. Oleh karena itu, pembelajaran Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan (PPKn) perlu mendorong peserta didik agar mampu memanfaatkan AI sebagai sarana belajar dan berinovasi tanpa mengabaikan nilai-nilai etika, integritas, dan tanggung jawab sebagai warga negara digital (Buchan et al., 2024).

Implementasi pendidikan kewarganegaraan digital membutuhkan kolaborasi antara sekolah, keluarga, dan pemerintah untuk menciptakan ekosistem digital yang aman dan berkarakter. Halimi et al., (2022) menemukan bahwa pembelajaran kewarganegaraan berbasis digital mampu meningkatkan kompetensi kewarganegaraan peserta didik, terutama dalam aspek partisipasi, kolaborasi, dan kemampuan berpikir kritis. Oleh karena itu, integrasi pendidikan kewarganegaraan digital dalam pembelajaran PPKn di era AI tidak hanya bertujuan meningkatkan kecakapan teknologi, tetapi juga membentuk generasi muda yang demokratis, bertanggung jawab, dan mampu menghadapi tantangan kehidupan digital secara bijaksana (Halimi et al., 2022).

Penguatan pendidikan kewarganegaraan digital pada era *Artificial Intelligence* juga perlu menekankan kemampuan peserta didik untuk memahami dampak sosial, etika, dan hak asasi manusia dalam penggunaan AI. Literasi AI tidak lagi sekadar kemampuan menggunakan aplikasi berbasis kecerdasan buatan, tetapi mencakup kemampuan mengevaluasi keluaran AI secara kritis, mengenali bias algoritma, serta mengambil keputusan yang bertanggung jawab dalam ruang digital. DiPaola et al., (2024) menegaskan bahwa AI literacy harus diposisikan sebagai bagian dari *civic literacy* karena pemahaman terhadap AI berkaitan erat dengan perlindungan hak asasi manusia, partisipasi demokratis, dan pembentukan warga negara yang mampu berkontribusi secara etis di masyarakat digital. Oleh karena itu, pembelajaran Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan perlu mengintegrasikan isu-isu etika AI, hak digital, dan tanggung jawab kewarganegaraan agar peserta didik tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga warga negara digital yang kritis, demokratis, dan bertanggung jawab (DiPaola et al., 2024).

Strategi Penguatan Pendidikan Demokrasi di Era AI

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) telah mengubah cara masyarakat memperoleh informasi, berkomunikasi, dan berpartisipasi dalam kehidupan demokrasi. AI memberikan peluang untuk memperluas akses informasi, meningkatkan kualitas pembelajaran, dan mendorong partisipasi warga negara secara digital. Namun, perkembangan tersebut juga memunculkan tantangan berupa penyebaran disinformasi, *deepfake*, manipulasi opini publik, serta terbentuknya *echo chamber* yang dapat mengancam kualitas demokrasi. UNESCO (2024) menegaskan bahwa peserta didik perlu dipersiapkan menjadi "responsible and creative citizens" yang mampu memahami AI secara kritis dari aspek etika, sosial, dan teknis. Oleh karena itu, pendidikan demokrasi pada era AI harus diarahkan untuk memperkuat kemampuan berpikir kritis, literasi digital, dan tanggung jawab kewarganegaraan (Miao et al., 2024).

Strategi pertama yaitu mengintegrasikan literasi AI ke dalam kurikulum Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan (PPKn). Integrasi ini tidak hanya mengajarkan keterampilan menggunakan teknologi, tetapi juga membangun pemahaman mengenai cara kerja algoritma, potensi bias AI, perlindungan data pribadi, serta etika penggunaan AI dalam kehidupan demokratis. Menurut UNESCO (2024), kompetensi AI bagi peserta didik dikembangkan melalui empat dimensi utama, yaitu *human-centred mindset*, *ethics of AI*, *AI techniques and applications*, serta *AI system design*. Penguasaan kompetensi tersebut akan membantu peserta didik menjadi warga negara digital yang mampu mengevaluasi informasi secara kritis dan mengambil keputusan berdasarkan fakta, bukan sekadar mengikuti arus informasi di media digital (Miao et al., 2024).

Strategi kedua yaitu menerapkan model pembelajaran yang partisipatif, kolaboratif, dan berbasis pemecahan masalah (*problem-based learning*). AI dapat dimanfaatkan sebagai media untuk menganalisis isu-isu demokrasi, mengevaluasi kebijakan publik, maupun melakukan simulasi pengambilan keputusan secara objektif. Akan tetapi,

penggunaan AI tidak boleh menggantikan kemampuan berpikir peserta didik. UNESCO (2024) menekankan bahwa pendidikan AI harus tetap berorientasi pada manusia (*human-centred*), sehingga teknologi berfungsi sebagai alat untuk memperkuat kemampuan berpikir, bukan menggantikannya. Dengan demikian, guru tetap memegang peranan penting dalam membimbing peserta didik membangun argumentasi yang logis, menghargai keberagaman pendapat, serta menanamkan nilai-nilai demokrasi dalam setiap proses pembelajaran.

Strategi ketiga yaitu meningkatkan kompetensi guru dalam memanfaatkan AI secara etis dan bertanggung jawab. Guru harus memiliki kemampuan memilih aplikasi AI yang relevan dengan tujuan pembelajaran, memahami keterbatasan AI, serta mampu merancang asesmen yang mendorong berpikir kritis, kreativitas, dan refleksi peserta didik. UNESCO (2024) menyatakan bahwa kompetensi guru pada era AI harus dibangun berdasarkan prinsip *protecting teachers' rights, enhancing human agency, and promoting sustainability*. Dengan demikian, penguatan pendidikan demokrasi di era AI tidak hanya menghasilkan peserta didik yang melek teknologi, tetapi juga warga negara yang menjunjung tinggi nilai demokrasi, etika, keadilan, dan penghormatan terhadap hak asasi manusia dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara.

SIMPULAN

Kemajuan *Artificial Intelligence* telah membawa perubahan mendasar terhadap praktik demokrasi di era digital. Di satu sisi, AI membuka kesempatan yang lebih luas bagi masyarakat untuk memperoleh informasi, meningkatkan partisipasi publik, dan mendukung proses pemerintahan yang lebih efektif. Di sisi lain, teknologi tersebut juga memunculkan berbagai persoalan, seperti meningkatnya penyebaran disinformasi, konten manipulatif, ujaran kebencian, serta polarisasi yang berpotensi melemahkan kualitas demokrasi dan kepercayaan masyarakat terhadap institusi publik.

Hasil kajian ini menunjukkan bahwa penguatan literasi kewargaan merupakan strategi yang paling relevan untuk menjawab tantangan tersebut. Literasi kewargaan tidak hanya berkaitan dengan pemahaman mengenai demokrasi dan konstitusi, tetapi juga mencakup kemampuan berpikir kritis, melakukan verifikasi informasi, memahami prinsip kerja AI, menerapkan etika digital, serta berpartisipasi secara bertanggung jawab dalam ruang publik digital. Oleh karena itu, pendidikan demokrasi perlu bertransformasi melalui integrasi literasi AI ke dalam pembelajaran Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan, penerapan model pembelajaran yang aktif, kolaboratif, dan berbasis pemecahan masalah, serta penguatan kompetensi pendidik dalam memanfaatkan AI secara etis dan bertanggung jawab. Transformasi tersebut diharapkan mampu menghasilkan warga negara digital yang adaptif, berintegritas, serta memiliki kemampuan menjaga nilai-nilai demokrasi, hak asasi manusia, toleransi, dan persatuan bangsa di tengah perkembangan teknologi kecerdasan buatan.

DAFTAR RUJUKAN

- Arribas, C. M., Arcos, R., & Gertrudix, M. (2025). *Rethinking education and training to counter AI-enhanced disinformation and information manipulations in Europe: A Delphi study*. *Cogent Social Sciences*, 11(1). <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311886.2025.2501759>
- Buchan, M. C., Bhawra, J., & Katapally, T. R. (2024). *Navigating the digital world: Development of an evidence-based digital literacy program and assessment tool for youth*. *Smart Learning Environments*, 11(8). <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00293-x>
- Castellví, J., Massip Sabater, M., & González-Valencia, G. A. (2022). Future teachers confronting extremism and hate speech: The role of education in democratic citizenship. *Humanities and Social Sciences Communications*, 9, 201. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01222-4>
- Chueca del Cerro, C. (2024). *The power of social networks and social media's filter bubble in shaping polarisation: An agent-based model*. *Applied Network Science*, 9, 69. <https://doi.org/10.1007/s41109-024-00679-3>
- Coeckelbergh, M. (2023). *Democracy, epistemic agency, and AI: Political epistemology in times of artificial intelligence*. *AI and Ethics*, 3, 1341–1350. <https://doi.org/10.1007/s43681-022-00239-4>

- DiPaola, D., Aidinoff, M., Marzilli, A., Berman, E., Champigny, M., Gundy, N., Yezzi, S., & Breazeal, C. (2024). AI literacy as civic literacy: A case study of the "AI and human rights" curriculum for middle school students. *First Monday*, 29(12). <https://doi.org/10.5210/fm.v29i12.13869>
- Eroglu, M. H., Finkel, S. E., Neundorff, A., et al. (2025). *Choosing democracy over party? How civic education can mitigate the anti-democratic effects of partisan polarization*. *British Journal of Political Science*. <https://doi.org/10.1017/S0007123425000203>
- Floridi, L., & Cows, J. (2022). *A unified framework of five principles for AI in society*. *Harvard Data Science Review*. <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1>
- Gagrčin, E., Porten-Cheé, P., Leißner, L., Emmer, M., & Jørring, L. (2022). What makes a good citizen online? The emergence of discursive citizenship norms in social media environments. *Social Media + Society*, 8(1). <https://doi.org/10.1177/20563051221084297>
- Geers, M., Swire-Thompson, B., Lorenz-Spreen, P., Herzog, S. M., Kozyreva, A., & Hertwig, R. (2024). *The Online Misinformation Engagement Framework*. *Current Opinion in Psychology*, 55, 101739. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2023.101739>
- Germani, F., Spitale, G., & Biller-Andorno, N. (2024). *The dual nature of AI in information dissemination: Ethical considerations*. *JMIR AI*, 3, e53505. <https://doi.org/10.2196/53505>
- Halimi, M., Rahmat, R., Nugraha, R. A., & Pratiwi, E. D. (2022). Young digital citizen answers: Can online learning improve the quality of civic education learning? *Jurnal Civics: Media Kajian Kewarganegaraan*, 19(1), 99–109. <https://journal.uny.ac.id/index.php/civics/article/view/40140>
- Hoes, E., Aitken, B., Zhang, J., Gackowski, T., et al. (2024). *Prominent misinformation interventions reduce misperceptions but increase scepticism*. *Nature Human Behaviour*, 8, 1545–1553. <https://doi.org/10.1038/s41562-024-01884-x>
- Huschle, L., Kindlinger, M., & Abs, H. J. (2024). *Personal responsibility and beyond: Developing a comprehensive conceptualization of digital citizenship competences*. *Weizenbaum Journal of the Digital Society*, 4(4). <https://doi.org/10.34669/wi.wjds/4.4.5>
- Isabella, I., Alfritri, A., Saptawan, A., Nengyanti, N., & Baharuddin, T. (2024). *Empowering digital citizenship in Indonesia: Navigating urgent digital literacy challenges for effective digital governance*. *Journal of Governance and Public Policy*, 11(2), 142–155. <https://doi.org/10.18196/jgpp.v11i2.19258>
- Jones-Jang, S. M., Mortensen, T., & Liu, J. (2021). Does media literacy help identification of fake news? Information literacy helps, but other literacies don't. *American Behavioral Scientist*, 65(2), 371–388. <https://doi.org/10.1177/0002764219869406>
- Jungherr, A., & Rauchfleisch, A. (2024). *Negative downstream effects of alarmist disinformation discourse: Evidence from the United States*. *Political Behavior*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11109-024-09911-3>
- Kusnadi, K., Sapriya, S., Budimansyah, D., & Wahab, A. A. (2023). *Analyzing a project-based blended learning model for citizenship education to foster humanity literacy*. *Jurnal Civics: Media Kajian Kewarganegaraan*, 20(1), 124–134. <https://doi.org/10.21831/jc.v20i1.58858>
- Lathrop, B. N. (2025). *Confronting the Post-Truth Phenomenon in Literacy Education: The Need for a Critical Media Epistemology*. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*. <https://doi.org/10.1002/jaal.1407>
- Lilja, J., Eklund, N., & Tottie, E. (2024). Civic literacy and disinformation in democracies. *Social Sciences*, 13(8), 405. <https://doi.org/10.3390/socsci13080405>
- Lorenz-Spreen, P., Oswald, L., Lewandowsky, S., & Hertwig, R. (2022). A systematic review of worldwide causal and correlational evidence on digital media and democracy. *Nature Human Behaviour*, 7, 74–101. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01460-1>
- Maulana, M. Y., & Milanti, A. A. (2023). *A systematic literature review on civic engagement program through citizenship education*. *Jurnal Civics: Media Kajian Kewarganegaraan*, 20(2). <https://doi.org/10.21831/jc.v20i2>
- Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). *AI competency framework for students*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105>
- Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>
- Nurjanah, N., Abdulkarim, A., Komalasari, K., Bestari, P., & Suwandi, M. A. (2024). *Critical literacy of young citizens in the digital era*. *Jurnal Civics: Media Kajian Kewarganegaraan*, 21(2), 352–358. <https://doi.org/10.21831/jc.v21i2.70232>
- Pawelec, M. (2022). Deepfakes and democracy (theory): How synthetic audio-visual media for disinformation and hate speech threaten core democratic functions. *Digital Society*, 1, Article 19. <https://doi.org/10.1007/s44206-022-00010-6>

- Perez-Mugg, M. (2025). *Instruction in the Age of Misinformation: Pedagogical Implications for Educating Responsible Knowers*. *Educational Theory*. <https://doi.org/10.1111/edth.70008>
- Ridha, M. K., Mulyono, B., & Yulianto, E. M. (2025). *Algorithmic echo chamber as a challenge of digital citizenship in discourse polarization on TikTok social media*. *Jurnal Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan*, 6(2). <https://doi.org/10.26418/jppkn.v6i2.99133>
- Rodillosso, E. (2024). *Filter bubbles and the unfeeling: How AI for social media can foster extremism and polarization*. *Philosophy & Technology*, 37(71). <https://doi.org/10.1007/s13347-024-00758-4>
- Schmitt, J. B., Baake, J., & Kero, S. (2024). *What means civic education in a digitalized world?* *Frontiers in Psychology*, 15, 1257247. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1257247>
- Stitzlein, S. M. (2024). *Populist challenges to truth and democracy met with pragmatist alternatives in citizenship education*. *Educational Theory*, 74(5), 595–618. <https://doi.org/10.1111/edth.12614>
- Sukmayadi, T., dkk. (2024). *Membangun keterampilan berpikir kritis mahasiswa melalui literasi kewarganegaraan di Universitas Ahmad Dahlan*. *Jurnal Dimensi Pendidikan dan Pembelajaran*, 12(2). <https://journal.umpo.ac.id/index.php/dimensi/article/view/9388>
- UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>
- Vallès-Peris, N., & Domènech i Argemí, M. (2024). *Digital citizenship at school: Democracy, pragmatism and RRI*. *Technology in Society*, 76, 102448. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102448>
- Von Gillern, S., Gould, H., Gannon, M., & Haskey-Valerius, B. (2024). *Digital citizenship and its relevance for literacy education: Perspectives of preservice teachers*. *Australian Journal of Language and Literacy*, 47(1), 73–90. <https://doi.org/10.1007/s44020-024-00059-5>
- Wieczorek, M. (2025). *Why AI will not Democratize Education: A Critical Pragmatist Perspective*. *Philosophy & Technology*, 38(1). <https://link.springer.com/article/10.1007/s13347-025-00883-8>
- Zidouemba, M. T. (2025). *Governance and artificial intelligence: The use of artificial intelligence in democracy and its impacts on the rights to participation*. *Discover Artificial Intelligence*, 5, 12. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44163-025-00229-5>