
Epistemologi Sains di Era Kecerdasan Buatan: Menimbang Kebenaran Prediktif

Popon Dauni¹, Rizal Rachman², Sri Erina Damayanti³, Agus Nursikuwagus⁴, Usep Mohamad Ishaq⁵, Andrias Darmayadi⁶

¹²³⁴⁵⁶ Universitas Komputer Indonesia; Indonesia

Correspondence e-mail*, popon.75725026@mahasiswa.unikom.ac.id¹,

rizal.75725020@mahasiswa.unikom.ac.id², sri.75725027@mahasiswa.unikom.ac.id³,

agusnursikuwagus@email.unikom.ac.id⁴, usep.mohamad.ishaq@email.unikom.ac.id⁵,

andrias.darmayadi@email.unikom.ac.id⁶

Submitted:

Revised: 2025/12/20;

Accepted: 2025/12/25;

Published: 2025/12/30

Abstract

The development of artificial intelligence (AI), particularly machine learning and deep learning, has brought significant changes to contemporary scientific practices. AI no longer functions solely as a computational tool, but plays an active role in the production, validation, and evaluation of scientific knowledge through data modelling and probabilistic inference. This development raises fundamental questions in the philosophy of science, particularly regarding the shift in the concept of scientific truth from the paradigm of empirical verification and causal explanation towards an approach based on prediction, mathematical approximation, and the management of uncertainty. This research aims to re-evaluate the status of scientific truth in the age of AI by philosophically analysing the relationship between uncertainty, computational knowledge, and scientific truth claims generated by AI models. The research method used is a qualitative study based on literature review and conceptual analysis of contemporary science and technology philosophy literature. The study results indicate that the integration of AI into scientific practice is driving a shift in the epistemology of science from a verifiative orientation towards a predictive epistemology that emphasises model reliability and instrumental validity. This research concludes that scientific truth in the AI era is more contextual and pragmatic, thus demanding an adaptive, reflective, and interdisciplinary framework for the epistemology of science. Theoretically, scientific truth in the age of artificial intelligence is more contextual, thus requiring an adaptive, reflective, and interdisciplinary framework for the epistemology of science as its main theoretical contribution.

Keywords

Artificial Intelligence, Philosophy of Science, Scientific Uncertainty, Computational Knowledge, Scientific Truth



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY SA) license, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

PENDAHULUAN

Filsafat sains secara tradisional berfokus pada pertanyaan mengenai bagaimana pengetahuan ilmiah dihasilkan, divalidasi, dan dibenarkan. Konsep seperti kebenaran, objektivitas,

dan justifikasi menjadi pilar utama dalam diskursus epistemologi sains.¹ Namun, kemunculan dan pesatnya perkembangan kecerdasan buatan (AI) menghadirkan tantangan baru bagi kerangka epistemologis tersebut. Dalam banyak bidang sains, AI digunakan untuk menemukan pola, membuat prediksi, dan bahkan menghasilkan hipotesis tanpa selalu memberikan penjelasan kausal yang transparan.²

Fenomena ini memunculkan apa yang sering disebut sebagai *black-box problem*, di mana model AI menghasilkan keluaran yang akurat secara empiris tetapi sulit dijelaskan secara teoritis.³ Akibatnya, muncul pertanyaan epistemologis mendasar: apakah pengetahuan yang dihasilkan AI dapat dianggap sebagai pengetahuan ilmiah yang sah? Bagaimana status kebenaran ilmiah jika dasar justifikasinya bersifat probabilistik dan komputasional? Selain itu, AI juga mengubah cara ilmuwan memandang ketidakpastian, dari sesuatu yang harus diminimalkan menjadi aspek inheren yang dikelola melalui model statistik dan algoritmik.⁴

Kecerdasan Buatan merupakan cabang ilmu komputer yang berupaya menciptakan sistem yang mampu meniru kecerdasan manusia, memungkinkan mesin melaksanakan tugas-tugas yang secara tradisional memerlukan pemikiran kognitif manusia.⁵ Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh ilmuwan komputer John McCarthy pada tahun 1956, dan sejak itu AI telah merambah berbagai bidang, termasuk keamanan, transportasi, industri, dan kesehatan.⁶ Perkembangan ini didorong oleh kemampuan AI untuk mengolah data eksternal, belajar dari data tersebut, dan beradaptasi secara fleksibel untuk mencapai tujuan.⁷ Dalam konteks ini, AI didefinisikan sebagai kapasitas sistem untuk memperoleh pengetahuan dan menerapkan metodologi yang sesuai untuk menyelesaikan masalah serta mencapai tujuan dalam lingkungan yang tidak pasti.⁸ Penerapan AI ini menggeser paradigma komputasi dari sekadar alat hitung menjadi entitas yang dapat meniru perilaku cerdas manusia.

¹ A. F. Chalmers, "What Is This Thing Called Science?," 2013, 282.

² S Leonelli, "Scientific Research and Big Data," May 29, 2020, /articles/chapter/Scientific_research_and_big_data/29841467/1.

³ Jenna Burrell, "How the Machine 'Thinks': Understanding Opacity in Machine Learning Algorithms," *Big Data and Society* 3, no. 1 (January 5, 2016), <https://doi.org/10.1177/2053951715622512>.

⁴ Peter Galison, "A Material Culture of Microphysics," ed. University of Chicago Press, 1997, 71–75, <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/I/bo3710110.html>.

⁵ Felix Febriano Reinfia and Paramitha Nerisafitra, "Analisis Chatbot Pendaftaran Mahasiswa Baru Menggunakan Algoritma Artificial Neural Network (Studi Kasus: Universitas Negeri Surabaya) | Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)," accessed December 19, 2025, <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jinacs/article/view/65924>.

⁶ Ilham Zahidin et al., "Perkiraan Suhu Menggunakan Algoritma Recurrent Neural Network Long Short Term Memory," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)* 6, no. 1 (November 30, 2024): 244–52, <https://doi.org/10.47065/JOSYC.V6I1.6242>.

⁷ Waliyin Nur Adl et al., "Rancang Bangun Sistem Chatbot Pemesananmenu Makanan Dan Minuman Pada Restoran Berbasis Telegram Bot Dengan Pendekatan Natural Language Processing," *Jurnal SPEKTRUM* 11, no. 2 (June 30, 2024): 233, <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2024.V11.I02.P24>.

⁸ Kartika Sari et al., "Optimalisasi Temu Kembali Informasi Dengan Teknologi Kecerdasan Buatan Di Perpustakaan," *JlPI (Jurnal Ilmu Perpustakaan Dan Informasi)* 8, no. 2 (November 6, 2023): 349–66, <https://doi.org/10.30829/jipi.v8i2.17775>.

Definisi AI sendiri berpusat pada kemampuannya untuk mengidentifikasi dan memodelkan proses pemikiran manusia serta merancang mesin yang dapat menirunya.⁹ Hal ini mencakup pengembangan sistem yang tidak hanya memproses informasi, tetapi juga belajar dari pengalaman, bernalar, dan membuat keputusan dalam menghadapi kompleksitas data.¹⁰ Tujuan utama dari kecerdasan buatan adalah untuk mereplikasi pemikiran dan perilaku manusia dalam bentuk algoritma dan perangkat lunak komputer,¹¹ dengan kapasitas untuk memahami data ekstrinsik dan memperoleh pengetahuan darinya secara mahir.¹² Kemampuan ini meliputi interpretasi data eksternal secara akurat, pembelajaran adaptif dari data tersebut, dan pencapaian tujuan spesifik melalui fleksibilitas adaptasi.¹³

Transformasi ini memungkinkan AI untuk mengatasi masalah kompleks yang sulit ditangani dengan teknik komputasi tradisional, seperti yang terlihat pada kemajuan dalam sistem berbasis pengetahuan dan jaringan saraf tiruan.¹⁴ Sistem AI modern telah melampaui kemampuan catur manusia, menunjukkan kemajuan signifikan dalam domain spesifik, meskipun kecerdasan umum buatan yang dapat melakukan tugas intelektual setara manusia masih belum tercapai.¹⁵ Meskipun demikian, integrasi AI dalam berbagai sektor telah menunjukkan potensi transformatif yang signifikan, terutama dalam ekstraksi informasi tersembunyi dari himpunan data besar dan pengubahan menjadi pengetahuan operasional melalui algoritma prediktif.¹⁶ Penerapan AI ini meluas ke berbagai sektor, termasuk penegakan hukum dan regulasi persaingan usaha, di mana AI berpotensi meningkatkan efisiensi melalui analisis data yang masif, deteksi pola kompleks, dan percepatan pengambilan keputusan.¹⁷ Peningkatan kemampuan komputasi telah memungkinkan pengembangan aplikasi AI yang dapat dijalankan pada perangkat portabel, memperluas jangkauan dan aksesibilitas teknologi ini.¹⁸ Kecerdasan buatan, dalam konteks ini, dapat dipandang sebagai

⁹ Dewi Tresnawati et al., "Artificial Intelligence Serta Singularitas Suatu Kekeliruan Atau Tantangan," *Jurnal Algoritma* 19, no. 1 (May 10, 2022): 181–88, <https://doi.org/10.33364/ALGORITMA/V.19-1.1028>.

¹⁰ Manish Yadav and Gurjeet Singh, "Environmental Sustainability With Artificial Intelligence," *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)* 9, no. 5 (May 24, 2023): 1–1, <https://doi.org/10.36713/EPRA13325>.

¹¹ Sari et al., "Optimalisasi Temu Kembali Informasi Dengan Teknologi Kecerdasan Buatan Di Perpustakaan."

¹² Ahmad Abdul Rochim, "Kecerdasan Buatan: Resiko, Tantangan Dan Penggunaan Bijak Pada Dunia Pendidikan," *Antroposen: Journal of Social Studies and Humaniora* 3, no. 1 (January 29, 2024): 13–25, <https://doi.org/10.33830/ANTROPOSEN.V3I1.6780>.

¹³ Artículo De Revisión and Daniel Román-Acosta, "Exploración Filosófica de La Epistemología de La Inteligencia Artificial: Una Revisión Sistemática," *Revista Uniandes Episteme* 11, no. 1 (January 1, 2024): 101–22, <https://doi.org/10.61154/RUE.V11I1.3388>.

¹⁴ Derrick Mirindi, "A Review of the Advances in Artificial Intelligence in Transportation System Development," *Journal of Civil, Construction and Environmental Engineering* 2024, Volume 9, Page 72 9, no. 3 (June 6, 2024): 72–83, <https://doi.org/10.11648/J.JCCEE.20240903.13>.

¹⁵ Jai Chaudhary, Nishant Parmar, and Ashima Mehta, "Artificial Intelligence and Expert Systems," accessed December 20, 2025, <https://doi.org/10.48175/IJARSC15988>.

¹⁶ Sophie Isabelle Lambert et al., "An Integrative Review on the Acceptance of Artificial Intelligence among Healthcare Professionals in Hospitals," *Npj Digital Medicine* 2023 6:1 6, no. 1 (June 10, 2023): 111–, <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00852-5>.

¹⁷ Joni Sandri Ritonga et al., "Peran Artificial Intelligence Dalam Meningkatkan Efisiensi Penegakan Hukum Dan Regulasi Persaingan Usaha," *Indonesia of Journal Business Law* 4, no. 1 (February 11, 2025): 75–88, <https://doi.org/10.47709/IJBL.V4I1.5447>.

¹⁸ Peran AI Harmilawati et al., "Peran Teknologi AI Dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa," *Prosiding*

sistem yang mensimulasikan proses kognitif seperti pembelajaran dan penalaran, memungkinkan otomatisasi tugas-tugas yang kompleks.¹⁹

Studi-studi sebelumnya dalam filsafat sains dan teknologi telah banyak mengkaji dampak komputasi dan big data terhadap metode ilmiah, namun masih terdapat celah signifikan dalam analisis filosofis yang sistematis terhadap transformasi konsep kebenaran ilmiah itu sendiri di tengah dominasi paradigma prediktif berbasis kecerdasan buatan (AI). Kajian-kajian yang ada cenderung berfokus pada aspek teknis, etika, atau implikasi sosial dari AI, sementara pembahasan mendalam mengenai pergeseran epistemologis dari kebenaran sebagai korespondensi atau koherensi kausal menuju kebenaran sebagai reliabilitas prediktif dan validitas instrumental masih bersifat parsial dan belum terintegrasi dalam suatu kerangka epistemologi sains yang menyeluruh. Penelitian ini berusaha mengisi celah tersebut dengan secara khusus menimbang ulang status ontologis dan epistemologis dari "kebenaran" yang dihasilkan oleh model-model AI, yang bekerja melalui aproksimasi probabilistik dan manajemen ketidakpastian, serta implikasinya terhadap landasan klaim pengetahuan ilmiah kontemporer.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengkaji peran AI dalam merevolusi epistemologi sains dengan fokus pada tiga aspek utama, yaitu ketidakpastian, pengetahuan komputasional, dan kebenaran ilmiah. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dalam memahami implikasi filosofis AI bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

METODE

1. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode kajian pustaka (*library research*). Sumber data utama berupa buku, artikel jurnal internasional dan nasional, serta karya klasik dan kontemporer dalam bidang filsafat sains dan filsafat teknologi yang membahas AI, epistemologi, dan metodologi ilmiah.²⁰

Pendekatan ini berfokus pada evaluasi kritis terhadap validitas dan reliabilitas pengetahuan yang dihasilkan oleh sistem AI, serta dampaknya terhadap objektivitas dan universalitas kebenaran ilmiah.²¹ Studi ini akan menggunakan pendekatan multidisiplin dengan mengintegrasikan konsep

Seminar Nasional Fakultas Tarbiyah Dan Ilmu Keguruan IAIM Sinjai 3 (October 14, 2024): 26–31, <https://doi.org/10.47435/SENTIKJAR.V3I0.3134>.

¹⁹ Muhammad Yusuf Masod and Siti Farhana Zakaria, "Artificial Intelligence in the Printing Industry: A Systematic Review of Industrial Applications, Challenges and Benefits," *International Journal of Research and Innovation in Social Science* VIII, no. IX (2024): 1713–32, <https://doi.org/10.47772/IJRISS.2024.8090141>.

²⁰ Chalmers, "What Is This Thing Called Science?"

²¹ Desi Azizah, Aji Wibawa, and Laksono Budiarto, "Hakikat Epistemologi Artificial Intelligence," *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Edukasi Teknik* 1, no. 8 (August 25, 2021): 592–98, <https://doi.org/10.17977/UM068V1I82021P592-598>.

dari filsafat ilmu, ilmu komputer, dan sosiologi sains untuk menganalisis secara komprehensif dinamika interaksi antara AI dan epistemologi sains. Penelitian ini akan mengadopsi metode kualitatif melalui analisis literatur ekstensif, memeriksa studi kasus implementasi AI dalam berbagai disiplin ilmu untuk mengidentifikasi pola-pola epistemologis yang muncul.²² Selain itu, metode ini melibatkan analisis sistematis terhadap publikasi ilmiah dan dokumen kebijakan terkait untuk mengevaluasi perdebatan filosofis kontemporer mengenai AI dalam epistemologi sains.²³ Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menyajikan kerangka kerja konseptual yang kokoh guna memahami implikasi mendalam dari AI terhadap struktur dan validitas pengetahuan ilmiah.

Analisis ini akan mempertimbangkan bagaimana AI memengaruhi kemampuan berpikir kritis, serta peran AI dalam menciptakan lingkungan pembelajaran yang personal dan interaktif.²⁴ Fokus penelitian akan mencakup cara AI membentuk ulang metodologi ilmiah, dari pengumpulan data hingga interpretasi hasil, serta bagaimana hal ini memengaruhi akreditasi dan verifikasi pengetahuan ilmiah. Penelitian kepustakaan akan digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi yang dipublikasikan dari literatur ilmiah, termasuk artikel jurnal dan buku, untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang topik ini.²⁵

2. Teknik Analisis

Teknik analisis data dilakukan melalui tiga tahap. Pertama, identifikasi konsep-konsep kunci dalam epistemologi sains klasik, seperti kebenaran, justifikasi, dan objektivitas. Kedua, analisis peran dan karakteristik AI dalam praktik ilmiah modern, khususnya terkait penggunaan model komputasional dan probabilistik.²⁶ Ketiga, sintesis konseptual untuk memetakan pergeseran epistemologis yang terjadi akibat integrasi AI dalam sains. Pendekatan analisis yang digunakan bersifat deskriptif-analitis dan reflektif-kritis.

²² Harmilawati et al., "Peran Teknologi AI Dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa."

²³ De Revisión and Román-Acosta, "Exploración Filosófica de La Epistemología de La Inteligencia Artificial: Una Revisión Sistemática."

²⁴ Harmilawati et al., "Peran Teknologi AI Dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa."

²⁵ Ahmad Rickianto Afandi and Heri Kurnia, "Revolusi Teknologi: Masa Depan Kecerdasan Buatan (AI) Dan Dampaknya Terhadap Masyarakat," *Academy of Social Science and Global Citizenship Journal* 3, no. 1 (June 1, 2023): 9–13, <https://doi.org/10.47200/AOSSAGCJ.V3I1.1837>.

²⁶ Leonelli, "Scientific Research and Big Data."



Gambar 1. Tahapan Metodologi

3. Tahapan Analisis

Tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi Konsep Kunci (Literature Review)

Tahap ini berfokus pada peninjauan literatur filsafat sains klasik dan kontemporer untuk mengidentifikasi konsep-konsep epistemologis utama, seperti kebenaran, objektivitas, penjelasan kausal, dan verifikasi empiris. Melalui kajian ini, penelitian memetakan landasan epistemologi sains sebelum integrasi AI, sekaligus menelusuri bagaimana konsep-konsep tersebut digunakan dan dipertahankan dalam tradisi ilmiah konvensional.

b. Analisis Peran AI (Conceptual Analysis)

Pada tahap ini dilakukan analisis konseptual terhadap peran dan karakteristik kecerdasan buatan dalam praktik ilmiah modern, khususnya terkait pemodelan prediktif, inferensi probabilistik, dan pengelolaan ketidakpastian. Analisis ini menyoroti pergeseran fungsi AI dari sekadar alat bantu komputasi menjadi aktor epistemik yang memengaruhi cara pengetahuan ilmiah diproduksi, divalidasi, dan digunakan.

c. Sintesis Konseptual (Synthesis)

Tahap sintesis bertujuan mengintegrasikan temuan dari kajian literatur dan analisis konseptual untuk memetakan pergeseran epistemologis yang muncul akibat integrasi AI dalam sains. Pada tahap ini dirumuskan kerangka pemahaman baru tentang kebenaran prediktif sebagai bentuk kebenaran ilmiah yang bersifat pragmatis, kontekstual, dan instrumental, sekaligus menegaskan implikasinya bagi epistemologi sains di era kecerdasan buatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

1. AI dalam Ketidakpastian

Hasil kajian menunjukkan bahwa AI memperkenalkan bentuk baru pengetahuan yang dapat disebut sebagai pengetahuan komputasional,²⁷ yaitu pengetahuan yang dihasilkan melalui pemrosesan algoritmik terhadap data dalam skala besar.²⁸ Pengetahuan ini bersifat probabilistik dan berorientasi pada prediksi, bukan semata-mata pada penjelasan kausal. Dalam konteks ini tidak dihilangkan, melainkan dimodelkan dan dikelola melalui parameter statistik dan metrik performa.²⁹

Ketidakpastian yang melekat pada data (misalnya sensor yang berderau). Jenis ini tidak dapat dikurangi meskipun data ditambah, sehingga model harus dilatih untuk mengenali varians ini.³⁰ Hal ini dikarenakan kurangnya informasi pada model. berargumen bahwa model Bayesian dapat menguranginya dengan terus belajar dari distribusi data yang baru.³¹

AI yang "jujur" (tahu kapan dia tidak tahu) lebih berharga daripada AI yang akurat tapi *overconfident*. Hal ini menciptakan standar baru dalam validasi ilmiah di mana setiap klaim AI harus disertai dengan peta ketidakpastian.³² Meskipun AI mampu mengukurnya, mencatat tantangan besar dalam mengomunikasikannya kepada manusia, revolusi epistemologi menuntut pengembangan *Explainable AI* (XAI) yang tidak hanya menjelaskan "apa" yang diprediksi, tetapi juga "seberapa ragu" AI terhadap prediksi tersebut.³³

Ketidakpastian prediktif yang terukur (melalui metode Bayesian, interval prediksi, ensemble) harus dipandang sebagai informasi epistemik yang berguna, menandai batas pengetahuan dan mengarahkan penelitian lebih lanjut. Interpretasi ini memungkinkan prioritas eksperimen yang lebih efektif. Pengelolaan ini memerlukan integrasi metode statistik klasik, protokol validasi yang kuat, dan transparansi dalam pelaporan. Dalam konteks ini, ketidakpastian

²⁷ S Leonelli, "Scientific Research and Big Data (Stanford Encyclopedia of Philosophy)," 2020, https://plato.stanford.edu/entries/science-big-data/?utm_source=chatgpt.com.

²⁸ Paul Humphreys, "Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method," *Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method*, February 1, 2004, 1–182, <https://doi.org/10.1093/0195158709.001.0001>.

²⁹ Leo Breiman, "Statistical Modeling: The Two Cultures (with Comments and a Rejoinder by the Author)," *Https://Doi.Org/10.1214/Ss/1009213726* 16, no. 3 (August 1, 2001): 199–231, <https://doi.org/10.1214/SS/1009213726>.

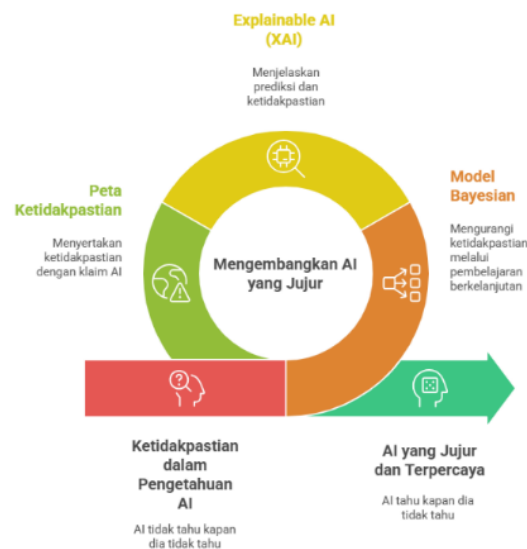
³⁰ Moloud Abdar et al., "A Review of Uncertainty Quantification in Deep Learning: Techniques, Applications and Challenges," *Information Fusion* 76 (December 1, 2021): 243–97, <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.05.008>.

³¹ Andrew Gordon Wilson and Pavel Izmailov, "Bayesian Deep Learning and a Probabilistic Perspective of Generalization," *Advances in Neural Information Processing Systems* 2020-December (February 20, 2020), <https://arxiv.org/pdf/2002.08791>.

³² Laurent Valentin Jospin et al., "Hands-On Bayesian Neural Networks - A Tutorial for Deep Learning Users," *IEEE Computational Intelligence Magazine* 17, no. 2 (May 1, 2022): 29–48, <https://doi.org/10.1109/MCI.2022.3155327>.

³³ Xiuyi Fan, "Position Paper: Integrating Explainability and Uncertainty Estimation in Medical AI," September 14, 2025, 1–8, <https://doi.org/10.1109/ijcnn64981.2025.11228229>.

membantu peneliti bersikap lebih reflektif terhadap hasil model, tidak sekadar menerima prediksi sebagai kebenaran final. Dengan memaknai ketidakpastian sebagai ruang belajar, proses pengembangan model menjadi lebih adaptif dan berorientasi pada peningkatan kualitas pengetahuan secara berkelanjutan.



Gambar 2. Mengelola Ketidakpastian dalam Pengetahuan Komputasional

2. AI dalam Pengetahuan Komputasional

Dalam epistemologi sains klasik, ketidakpastian sering dipandang sebagai keterbatasan pengetahuan yang harus direduksi. Sebaliknya, AI menempatkan hal tersebut sebagai bagian integral dari proses mengetahui. Model AI dinilai bukan dari kepastian absolutnya, tetapi dari tingkat keandalan dan akurasi prediktifnya dalam konteks tertentu.³⁴

AI menggunakan grafik untuk menghubungkan entitas (orang, tempat, konsep) melalui relasi. Ini adalah dasar dari cara mesin memahami konteks. Memungkinkan mesin melakukan penelusuran semantik (memahami makna) bukan sekadar kecocokan kata kunci. Grafik pengetahuan telah menjadi instrumen vital untuk mengintegrasikan data heterogen dalam skala besar.³⁵

Neuro-symbolic AI menggabungkan kemampuan belajar pola dari *Deep Learning* (Neural) dengan logika aturan keras dari AI Klasik (Symbolic). Sistem hibrida ini diperlukan karena *Deep Learning* saja sering gagal dalam penalaran logis yang sederhana namun butuh pemahaman aturan.³⁶

³⁴ Bas C. Van Fraassen, "Scientific Representation: Paradoxes of Perspective," 2008, <https://doi.org/10.1093/ANALYS/ANQ042>.

³⁵ Aidan Hogan et al., "Knowledge Graphs," *ACM Computing Surveys* 54, no. 4 (May 31, 2022), <https://doi.org/10.1145/3447772>;

³⁶ Gary. Marcus and Ernest. Davis, "Rebooting AI : Building Artificial Intelligence We Can Trust," 2019, 273.

Peralihan ke pengetahuan komputasional mensyaratkan rekonstruksi konsep epistemik dimana sumber pengetahuan tidak lagi hanya eksperimen dan teori, tetapi juga proses komputasi yang mengekstrak pola dari data masif. Ini menuntut ekspansi definisi justifikasi ilmiah untuk memasukkan bukti performatif dan konsistensi model. Namun, ada bahaya reduksionisme dimana menganggap output model sebagai sumber kebenaran tanpa pengujian teoritik dapat memperkuat bias data dan menghasilkan kesimpulan yang menyesatkan.



Gambar 3. AI dalam Epistemologi

3. Kebenaran Ilmiah dalam Era AI

Pembahasan selanjutnya menunjukkan bahwa AI menantang konsep kebenaran ilmiah yang korespondensial dan representasional. Model AI tidak selalu merepresentasikan realitas secara langsung, melainkan membangun aproksimasi matematis yang efektif secara empiris.³⁷ Dengan demikian, kebenaran ilmiah bergeser menuju konsep kebenaran pragmatis dan instrumental, di mana nilai suatu pengetahuan ditentukan oleh kegunaannya dalam prediksi dan pengambilan keputusan.³⁸

Perubahan ini memunculkan perdebatan filosofis mengenai status epistemik model AI: apakah model tersebut dapat dipandang sebagai teori ilmiah atau sekadar instrumen. Kajian ini menunjukkan bahwa model AI lebih tepat dipahami sebagai instrumen epistemik yang memiliki otoritas terbatas dan kontekstual, sehingga memerlukan pengawasan dan refleksi kritis dari manusia.³⁹

Kebenaran ilmiah dalam sistem AI hanya bisa dicapai jika model mampu menyatakan tingkat keraguannya secara eksplisit. AI yang "jujur" tentang ketidakpastiannya dianggap lebih

³⁷ Humphreys, "Extending Ourselves Comput. Sci. Empiricism, Sci. Method."

³⁸ Peter. Godfrey-Smith, "Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science," 2003, <https://dokumen.pub/the-scientific-imagination-0190212306-9780190212308.html>.

³⁹ Eamon Duede, "Deep Learning Opacity in Scientific Discovery," *Philosophy of Science* 90, no. 5 (June 1, 2022): 1089–99, <https://doi.org/10.1017/psa.2023.8>.

ilmiah daripada yang memberikan jawaban pasti namun tanpa dasar.⁴⁰ Kebenaran ilmiah di era AI bukan hanya tentang akurasi, tetapi tentang *interpretability*—kemampuan manusia untuk membedah alasan di balik keputusan mesin.⁴¹

Jurnal mengkaji bagaimana otoritas kebenaran ilmiah bergeser ketika sistem komputasional menyumbang interpretasi dan rekomendasi; pertanyaan muncul tentang kriteria verifikasi, transparansi model, dan akuntabilitas peneliti/engineer. AI menantang konsep kebenaran ilmiah tradisional yang berpusat pada verifikasi empirik dan penalaran kausal eksplisit. Hasil menunjukkan munculnya “kebenaran pragmatis” berbasis performativitas prediktif, model yang konsisten memprediksi fenomena dianggap bernilai kebenaran meski tanpa penjelasan mekanistik lengkap. Di sisi lain, validitas internal dan replikasi menjadi problematik ketika model dilatih pada data yang tidak representatif atau ketika parameter pelatihan tidak terdokumentasi secara menyeluruh.



Gambar 4. Menyeimbangkan Kebenaran Ilmiah di Era AI

Hasil kajian ini memetakan secara konseptual tiga temuan utama yang saling terhubung, yakni transformasi ketidakpastian, pergeseran bentuk pengetahuan, dan redefinisi kebenaran ilmiah dalam praktik sains berbasis AI. Pertama, kajian menunjukkan bahwa ketidakpastian tidak lagi dipandang sebagai keterbatasan yang harus dieliminasi, melainkan sebagai informasi epistemik yang dimodelkan, diukur, dan dimanfaatkan melalui pendekatan probabilistik dan prediktif. Kedua, integrasi AI melahirkan pengetahuan komputasional yang berorientasi pada performa model, konsistensi prediksi, dan pengelolaan data masif, sehingga memperluas sumber justifikasi ilmiah dari eksperimen dan teori menuju proses komputasi. Ketiga, pemetaan konseptual ini

⁴⁰ Abdar et al., “A Review of Uncertainty Quantification in Deep Learning: Techniques, Applications and Challenges.”

⁴¹ Tim Miller, “Explainable AI Is Dead, Long Live Explainable AI! Hypothesis-Driven Decision Support,” February 24, 2023, <https://arxiv.org/pdf/2302.12389>.

menegaskan pergeseran kebenaran ilmiah dari korespondensi representasional menuju kebenaran pragmatis-instrumental, di mana klaim kebenaran dinilai berdasarkan reliabilitas prediktif, transparansi ketidakpastian, dan interpretabilitas model. Secara keseluruhan, temuan kajian ini menempatkan AI sebagai instrumen epistemik yang kuat namun kontekstual, sehingga menuntut kerangka epistemologi sains yang reflektif dan kritis dalam menyeimbangkan akurasi, ketidakpastian, dan akuntabilitas ilmiah

PEMBAHASAN

Bagian pembahasan ini diarahkan untuk menafsirkan secara filosofis temuan penelitian terkait perubahan cara ilmu pengetahuan memproduksi, memvalidasi, dan mengklaim kebenaran di tengah semakin dominannya kecerdasan artifisial dalam praktik ilmiah kontemporer. Alih-alih sekadar memperluas kapasitas komputasi, AI menghadirkan pergeseran epistemologis yang lebih mendasar, yakni perubahan orientasi sains dari pencarian penjelasan kausal dan verifikasi empirik menuju penguatan prediksi berbasis model, aproksimasi matematis, dan pengelolaan ketidakpastian. Pergeseran ini menuntut peninjauan ulang atas asumsi-asumsi klasik filsafat sains mengenai hakikat kebenaran, justifikasi pengetahuan, dan peran teori ilmiah. Oleh karena itu, pembahasan berikut disusun untuk menguraikan implikasi epistemologis dari integrasi AI dalam sains, dengan menekankan bagaimana reliabilitas model, validitas pragmatis, dan konteks penggunaan menjadi faktor kunci dalam menimbang kebenaran ilmiah di era pengetahuan komputasional.

1. Pergeseran paradigmatis dalam epistemologi sains

Pergeseran ini menuntut evaluasi ulang terhadap definisi "kebenaran" dalam konteks ilmiah, mempertimbangkan sejauh mana prediksi probabilistik yang dihasilkan oleh AI dapat dianggap setara dengan bukti empiris yang telah diverifikasi secara tradisional. Hal ini memunculkan urgensi untuk mengembangkan kerangka kerja baru yang mengintegrasikan metode verifikasi empiris dengan validasi model prediktif berbasis AI guna memastikan integritas dan reliabilitas temuan ilmiah.⁴²

Selain itu, pergeseran ini juga membutuhkan standar etika yang lebih ketat dalam penggunaan AI untuk penelitian, terutama dalam menghindari bias yang tidak disengaja dan memastikan transparansi algoritma yang digunakan dalam pengambilan keputusan ilmiah.⁴³ Pentingnya akuntabilitas dan auditabilitas dalam sistem AI menjadi krusial untuk menjaga

⁴² Zen Munawar et al., "Manfaat Kecerdasan Buatan ChatGPT Untuk Membantu Penulisan Ilmiah," *TEMATIK* 10, no. 1 (June 1, 2023): 54–60, <https://doi.org/10.38204/TEMATIK.V10I1.1291>.

⁴³ Munawar et al.

kepercayaan publik terhadap hasil penelitian yang didukung oleh teknologi ini.⁴⁴ Adopsi AI dalam penulisan ilmiah, seperti ChatGPT, berpotensi merampingkan proses penulisan dan peninjauan, namun memerlukan kehati-hatian dari peninjau dan editor terkait potensi tantangan dan perangkap yang mungkin muncul, termasuk bias dalam data pelatihan.⁴⁵

Penelitian menunjukkan bahwa AI dapat mengurangi waktu penyelesaian artikel ilmiah secara signifikan dan meningkatkan kepuasan pengguna, namun keberhasilan ini sangat bergantung pada verifikasi manual dan ketaatan pada pedoman etika penggunaan AI.⁴⁶ Peran manusia sebagai peneliti tetap esensial dalam menyeimbangkan efisiensi AI dengan objektivitas dan interpretasi data yang mendalam, terutama dalam menyikapi potensi bias yang inheren dalam data pelatihan AI.⁴⁷

2. Reliabilitas model dan validitas pragmatis

Dalam konteks ini, reliabilitas model AI merujuk pada konsistensi dan akurasi prediksinya, sedangkan validitas pragmatis menilai sejauh mana hasil prediktif tersebut dapat digunakan secara efektif dalam aplikasi dunia nyata. Hal ini memerlukan evaluasi berkelanjutan terhadap kinerja model AI, tidak hanya berdasarkan metrik internal tetapi juga melalui validasi eksternal yang melibatkan data independen dan skenario penggunaan praktis.⁴⁸ Penekanan pada validitas pragmatis ini krusial untuk memastikan bahwa kebenaran ilmiah yang didapatkan dari model prediktif AI memiliki relevansi operasional dan dapat dipertanggungjawabkan dalam konteks aplikasi nyata.⁴⁹

Oleh karena itu, pengembangan kerangka kerja validasi silang yang komprehensif, yang mengintegrasikan uji lapangan dan studi kasus, menjadi esensial untuk memitigasi risiko generalisasi berlebihan dari model AI.⁵⁰ Penting juga untuk mempertimbangkan dampak ketergantungan berlebihan pada AI terhadap pemikiran kritis dan kemampuan penalaran manusia dalam memahami dan menginterpretasikan hasil ilmiah.⁵¹ Keterampilan analisis dan sintesis data

⁴⁴ Ricardo Limongi, "The Use of Artificial Intelligence in Scientific Research with Integrity and Ethics," *Review of Artificial Intelligence in Education* 5, no. 00 (January 31, 2024): e22–e22, <https://doi.org/10.37497/REV.ARTIF.INTELL.EDUC.V5I00.22>.

⁴⁵ Munawar et al., "Manfaat Kecerdasan Buatan ChatGPT Untuk Membantu Penulisan Ilmiah."

⁴⁶ Dani Saepuloh and Joko Subandriyo, "Pemanfaatan Kecerdasan Buatan Dalam Penulisan Karya Ilmiah: Peluang, Tantangan, Dan Implikasi Etis," *Publishing Letters* 2, no. 1 (April 10, 2025): 11–14, <https://doi.org/10.48078/PUBLETTERS.V2I1.46>.

⁴⁷ David B. Resnik and Mohammad Hosseini, "The Ethics of Using Artificial Intelligence in Scientific Research: New Guidance Needed for a New Tool," *AI and Ethics* 2024 5:2 5, no. 2 (May 27, 2024): 1499–1521, <https://doi.org/10.1007/S43681-024-00493-8>.

⁴⁸ Munawar et al., "Manfaat Kecerdasan Buatan ChatGPT Untuk Membantu Penulisan Ilmiah."

⁴⁹ Saepuloh and Subandriyo, "Pemanfaatan Kecerdasan Buatan Dalam Penulisan Karya Ilmiah: Peluang, Tantangan, Dan Implikasi Etis."

⁵⁰ Munawar et al., "Manfaat Kecerdasan Buatan ChatGPT Untuk Membantu Penulisan Ilmiah."

⁵¹ Ahmed S. Bahammam, "Balancing Innovation and Integrity: The Role of AI in Research and Scientific Writing," *Nature and Science of Sleep* 15 (December 29, 2023): 1153–56, <https://doi.org/10.2147/NSS.S455765>.

yang mendalam tetap krusial untuk mengidentifikasi anomali, mengevaluasi batasan model, serta merumuskan interpretasi yang bernuansa dari output AI. Selain itu, explainabilitas (explainability) dari model AI menjadi faktor penentu dalam membangun kepercayaan dan memungkinkan peneliti untuk memahami alasan di balik prediksi yang diberikan, sehingga dapat mengidentifikasi potensi kesalahan atau bias.⁵²

3. Kebaruan makna kebenaran ilmiah

Fenomena ini menandai transisi dari epistemologi yang secara eksklusif berpusat pada verifikasi empiris langsung menuju inklusi validasi komputasi dan prediksi probabilistik sebagai pilar utama dalam konstruksi pengetahuan ilmiah. Pergeseran ini menuntut pendekatan multi-perspektif, di mana kolaborasi antara manusia dan AI, serta validasi silang antara berbagai model, dapat mengurangi bias dan meningkatkan ketelitian analisis.⁵³ Meskipun AI tidak secara langsung "menemukan kebenaran" dalam pengertian tradisional, kemampuannya untuk mengintegrasikan beragam domain data menunjukkan representasi realitas yang andal, memberikan justifikasi epistemik untuk mempercayai prediksinya.⁵⁴

Pendekatan integratif ini menggeser fokus dari pencarian model "yang benar" menjadi pengembangan model "yang berguna," yang mampu mengidentifikasi nilai-nilai inklusif dan memitigasi kerentanan antarsektoral.⁵⁵ Dengan demikian, kebenaran ilmiah dalam era AI menjadi konstruksi yang lebih dinamis dan adaptif, mengedepankan kemampuan prediktif dan fungsionalitas model dalam menjelaskan fenomena kompleks, daripada sekadar konfirmasi empiris tunggal.⁵⁶ Implikasinya, paradigma kebenaran ilmiah kini meluas untuk mencakup validitas prediktif yang didukung oleh kemampuan AI untuk mengidentifikasi pola dan hubungan kompleks dalam data bervolume besar, yang sebelumnya tidak dapat diakses atau dianalisis secara efisien oleh manusia.⁵⁷

4. Pendekatan filsafat sains yang relevan

Untuk memahami secara komprehensif perubahan epistemologis ini, diperlukan tinjauan terhadap pendekatan filsafat sains yang dapat menyediakan lensa konseptual untuk menganalisis

⁵² Steven Bryant, "Assessing GPT-4's Role as a Co-Collaborator in Scientific Research: A Case Study Analyzing Einstein's Special Theory of Relativity," *Artificial Intelligence On*, April 13, 2023, <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-2808494/V1>.

⁵³ Bryant.

⁵⁴ Charles Morphy D. Santos et al., "Reproducibility and Scientific Interpretation in the Age of AI: Consilience in Biological Systematics, Ecology, and Molecular Biology," July 25, 2025, <https://arxiv.org/pdf/2507.22942>.

⁵⁵ Federica Russo, Eric Schliesser, and Jean Wagemans, "Connecting Ethics and Epistemology of AI," *AI & SOCIETY* 2023 39:4 39, no. 4 (January 17, 2023): 1585–1603, <https://doi.org/10.1007/S00146-022-01617-6>.

⁵⁶ Jens Ulrik Hansen et al., "The Importance of Expert Knowledge in Big Data and Machine Learning," *Synthese* 2023 201:2 201, no. 2 (January 20, 2023): 35–, <https://doi.org/10.1007/S11229-023-04041-5>.

⁵⁷ Yue Huang et al., "On the Trustworthiness of Generative Foundation Models: Guideline, Assessment, and Perspective," February 20, 2025, <https://arxiv.org/pdf/2502.14296>.

interaksi antara AI dan konstruksi kebenaran ilmiah.⁵⁸ Salah satu pendekatan yang relevan adalah naturalized epistemology dari Quine, yang menganjurkan studi pengetahuan menggunakan metode ilmiah, yang kini dapat diperluas untuk mencakup analisis bagaimana AI membentuk kondisi produksi dan sirkulasi pengetahuan.⁵⁹

Perdebatan filosofis yang muncul dari integrasi AI dalam penelitian ilmiah menuntut evaluasi ulang terhadap konsep-konsep inti seperti objektivitas, kausalitas, dan batas antara pengamatan dan inferensi. Hal ini juga menyoroti kebutuhan akan pemahaman yang lebih mendalam mengenai bagaimana AI memengaruhi proses inferensial dan sejauh mana kita dapat mempercayai outputnya sebagai representasi kebenaran ilmiah.⁶⁰ Isu kepercayaan ini sangat relevan mengingat AI Foundation Models dapat menangkap pola dalam sejumlah besar informasi, namun interaksi antara manusia dan AI menghadirkan tantangan epistemologis mengenai bagaimana pengguna memvalidasi dan mengevaluasi keluaran AI, serta mengintegrasikan informasi yang diberikan AI dengan pengetahuan yang sudah ada.⁶¹

Oleh karena itu, diperlukan kerangka kerja mediasi, yang dikenal sebagai Keselarasan Epistemik, untuk memastikan bahwa pengetahuan yang dihasilkan AI selaras dengan kerangka kognitif dan epistemologis manusia, sekaligus mengatasi keterbatasan kognisi manusia dan buatan.⁶² Pendekatan ini mempertimbangkan secara kritis peran AI dalam membentuk dan, pada tingkat tertentu, bahkan mendikte arah penyelidikan ilmiah, yang menggarisbawahi kebutuhan akan pengawasan etika dan filosofis yang ketat.⁶³ Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa AI, sebagai teknologi epistemik, mengubah cara kita menghasilkan dan memvalidasi pengetahuan, sehingga membutuhkan refleksi filosofis yang mendalam mengenai implikasi epistemologisnya.⁶⁴

5. Interpretasi filosofis

Secara filosofis, pembahasan ini menafsirkan temuan penelitian sebagai indikasi terjadinya transformasi mendasar dalam epistemologi sains, di mana kecerdasan buatan berfungsi sebagai

⁵⁸ Kason Ka Ching Cheung et al., "Unpacking Epistemic Insights of Artificial Intelligence (AI) in Science Education: A Systematic Review," *Science & Education* 2024 34:2 34, no. 2 (March 15, 2024): 747–77, <https://doi.org/10.1007/S11191-024-00511-5>.

⁵⁹ Francisco Villaescusa-Navarro et al., "The Denario Project: Deep Knowledge AI Agents for Scientific Discovery," *Cárdenas Ramírez* 13 (October 30, 2025): 20, <https://arxiv.org/pdf/2510.26887>.

⁶⁰ Daniel Román-Acosta, "Exploración Filosófica de La Epistemología de La Inteligencia Artificial: Una Revisión Sistemática," *Revista Uniandes Episteme* 11, no. 1 (January 1, 2024): 101–22, <https://doi.org/10.61154/RUE.V11I1.3388>.

⁶¹ Koen Bruynseels, Lotte Asveld, and Jeroen van den Hoven, "'Foundation Models for Research: A Matter of Trust?,'" *Artificial Intelligence in the Life Sciences* 7 (June 1, 2025): 100126, <https://doi.org/10.1016/J.AILSCI.2025.100126>.

⁶² Nicholas Clark et al., "Epistemic Alignment: A Mediating Framework for User-LLM Knowledge Delivery," April 1, 2025, <https://arxiv.org/pdf/2504.01205>.

⁶³ De Revisión and Román-Acosta, "Exploración Filosófica de La Epistemología de La Inteligencia Artificial: Una Revisión Sistemática."

⁶⁴ Syabran Jabar, AZMI Fitrisia, and Siti Fatimah, "Peran Filsafat Ilmu Dalam Mengembangkan Metode Penelitian Ilmiah," *CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan* 4, no. 4 (December 19, 2024): 577–82, <https://doi.org/10.51878/CENDEKIA.V4I4.3821>.

teknologi epistemik yang mengubah cara pengetahuan ilmiah diproduksi, divalidasi, dan diberi makna. AI tidak sekadar mempercepat proses ilmiah, tetapi menggeser standar epistemik dari kebenaran korespondensial dan penjelasan kausal menuju kebenaran pragmatis yang bertumpu pada reliabilitas prediktif, validitas kontekstual, dan kegunaan instrumental model. Dalam kerangka ini, klaim kebenaran ilmiah tidak lagi dinilai terutama dari kesesuaiannya dengan realitas yang direpresentasikan secara langsung, melainkan dari sejauh mana model mampu bekerja secara konsisten, transparan terhadap ketidakpastian, dan dapat dipertanggungjawabkan secara epistemik dan etis. Interpretasi filosofis ini menempatkan AI sebagai instrumen epistemik dengan otoritas terbatas dan kontekstual, sehingga menegaskan peran refleksi kritis manusia dalam menjaga objektivitas, justifikasi, dan akuntabilitas pengetahuan ilmiah di era pengetahuan komputasional.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kecerdasan buatan telah memicu revolusi epistemologi sains dengan mengubah cara pengetahuan ilmiah diproduksi, divalidasi, dan dipahami. Kebenaran ilmiah tidak lagi diposisikan sebagai representasi langsung realitas yang sepenuhnya dapat diverifikasi, melainkan sebagai klaim pengetahuan yang dinilai melalui reliabilitas model, akurasi prediktif, dan kegunaan instrumental. Ketidakpastian tidak lagi dipandang sebagai kelemahan, melainkan sebagai elemen fundamental yang dikelola secara sistematis.

Hasil kajian filosofis ini menegaskan bahwa pengetahuan komputasional yang dihasilkan oleh sistem AI bersifat kontekstual dan sarat ketidakpastian, sehingga menuntut pemahaman epistemologi sains yang lebih reflektif dan adaptif. AI berfungsi sebagai instrumen epistemik yang memperluas kapasitas kognitif manusia, namun tidak menggantikan peran penilaian kritis dalam menafsirkan dan membenarkan pengetahuan ilmiah. Oleh karena itu, kebenaran ilmiah di era AI perlu dipahami sebagai hasil interaksi antara model algoritmik, data empiris, dan kerangka normatif ilmiah.

Implikasi utama dari temuan ini adalah perlunya pengembangan kerangka epistemologi sains yang lebih adaptif dan interdisipliner, yang mampu mengakomodasi peran AI tanpa mengabaikan nilai-nilai refleksi kritis, transparansi, dan tanggung jawab ilmiah. Penelitian selanjutnya dapat memperluas kajian ini dengan pendekatan empiris atau studi kasus penggunaan AI dalam bidang sains tertentu untuk memperkaya penelitian filsafat sains di era digital. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa epistemologi sains di era kecerdasan buatan harus secara fundamental direkonstruksi untuk mengakui kebenaran prediktif sebagai bentuk kebenaran ilmiah yang sah, kontekstual, dan bertanggung jawab.

REFERENSI

- Abdar, Moloud, Farhad Pourpanah, Sadiq Hussain, Dana Rezazadegan, Li Liu, Mohammad Ghavamzadeh, Paul Fieguth, et al. "A Review of Uncertainty Quantification in Deep Learning: Techniques, Applications and Challenges." *Information Fusion* 76 (December 1, 2021): 243–97. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.05.008>.
- Afandi, Ahmad Rickianto, and Heri Kurnia. "Revolusi Teknologi: Masa Depan Kecerdasan Buatan (AI) Dan Dampaknya Terhadap Masyarakat." *Academy of Social Science and Global Citizenship Journal* 3, no. 1 (June 1, 2023): 9–13. <https://doi.org/10.47200/AOSSAGCJ.V3I1.1837>.
- Azizah, Desi, Aji Wibawa, and Laksono Budiarto. "Hakikat Epistemologi Artificial Intelligence." *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Edukasi Teknik* 1, no. 8 (August 25, 2021): 592–98. <https://doi.org/10.17977/UM068V1I82021P592-598>.
- Bahammam, Ahmed S. "Balancing Innovation and Integrity: The Role of AI in Research and Scientific Writing." *Nature and Science of Sleep* 15 (December 29, 2023): 1153–56. <https://doi.org/10.2147/NSS.S455765>.
- Breiman, Leo. "Statistical Modeling: The Two Cultures (with Comments and a Rejoinder by the Author)." <https://doi.org/10.1214/Ss/1009213726> 16, no. 3 (August 1, 2001): 199–231. <https://doi.org/10.1214/SS/1009213726>.
- Bruynseels, Koen, Lotte Asveld, and Jeroen van den Hoven. "'Foundation Models for Research: A Matter of Trust?'" *Artificial Intelligence in the Life Sciences* 7 (June 1, 2025): 100126. <https://doi.org/10.1016/J.AILSCI.2025.100126>.
- Bryant, Steven. "Assessing GPT-4's Role as a Co-Collaborator in Scientific Research: A Case Study Analyzing Einstein's Special Theory of Relativity." *Artificial Intelligence On*, April 13, 2023. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-2808494/V1>.
- Burrell, Jenna. "How the Machine 'Thinks': Understanding Opacity in Machine Learning Algorithms." *Big Data and Society* 3, no. 1 (January 5, 2016). <https://doi.org/10.1177/2053951715622512;PAGE=STRING:ARTICLE/CHAPTER>.
- Chalmers, A. F.. "What Is This Thing Called Science?," 2013, 282.
- Chaudhary, Jai, Nishant Parmar, and Ashima Mehta. "Artificial Intelligence and Expert Systems." Accessed December 20, 2025. <https://doi.org/10.48175/IJARST-15988>.
- Cheung, Kason Ka Ching, Yun Long, Qian Liu, and Ho Yin Chan. "Unpacking Epistemic Insights of Artificial Intelligence (AI) in Science Education: A Systematic Review." *Science & Education* 2024 34:2 34, no. 2 (March 15, 2024): 747–77. <https://doi.org/10.1007/S11191-024-00511-5>.
- Clark, Nicholas, Hua Shen, Bill Howe, and Tanushree Mitra. "Epistemic Alignment: A Mediating Framework for User-LLM Knowledge Delivery," April 1, 2025. <https://arxiv.org/pdf/2504.01205>.
- Duede, Eamon. "Deep Learning Opacity in Scientific Discovery." *Philosophy of Science* 90, no. 5 (June 1, 2022): 1089–99. <https://doi.org/10.1017/psa.2023.8>.
- Fan, Xiuyi. "Position Paper: Integrating Explainability and Uncertainty Estimation in Medical AI," September 14, 2025, 1–8. <https://doi.org/10.1109/ijcnn64981.2025.11228229>.
- Fraassen, Bas C. Van. "Scientific Representation: Paradoxes of Perspective," 2008. <https://doi.org/10.1093/ANALYS/ANQ042>.
- Godfrey-Smith, Peter. "Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science," 2003. <https://dokumen.pub/the-scientific-imagination-0190212306-9780190212308.html>.
- Hansen, Jens Ulrik, Paula Quinon, B Jens, Ulrik Hansen, and Jensuh@ruc Dk B. "The Importance of

- Expert Knowledge in Big Data and Machine Learning." *Synthese* 203:2 201, no. 2 (January 20, 2023): 35-. <https://doi.org/10.1007/S11229-023-04041-5>.
- Harmilawati, Peran AI, Putri Amalia, Husaini Amaliyah Majid, and Izza As Sahrah. "Peran Teknologi AI Dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa." *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Tarbiyah Dan Ilmu Keguruan IAIM Sinjai* 3 (October 14, 2024): 26–31. <https://doi.org/10.47435/SENTIKJAR.V3I0.3134>.
- Hogan, Aidan, Eva Blomqvist, Michael Cochez, Claudia D'Amato, Gerard De Melo, Claudio Gutierrez, Sabrina Kirrane, et al. "Knowledge Graphs." *ACM Computing Surveys* 54, no. 4 (May 31, 2022). <https://doi.org/10.1145/3447772>.
- Huang, Yue, Chujie Gao, Siyuan Wu, Haoran Wang, Xiangqi Wang, Yujun Zhou, Yanbo Wang, et al. "On the Trustworthiness of Generative Foundation Models: Guideline, Assessment, and Perspective," February 20, 2025. <https://arxiv.org/pdf/2502.14296>.
- Humphreys, Paul. "Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method." *Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method*, February 1, 2004, 1–182. <https://doi.org/10.1093/0195158709.001.0001>.
- Jabar, Syabran, AZMI Fitrissia, and SITI Fatimah. "Peran Filsafat Ilmu Dalam Mengembangkan Metode Penelitian Ilmiah." *CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan* 4, no. 4 (December 19, 2024): 577–82. <https://doi.org/10.51878/CENDEKIA.V4I4.3821>.
- Jospin, Laurent Valentin, Hamid Laga, Farid Boussaid, Wray Buntine, and Mohammed Bennamoun. "Hands-On Bayesian Neural Networks - A Tutorial for Deep Learning Users." *IEEE Computational Intelligence Magazine* 17, no. 2 (May 1, 2022): 29–48. <https://doi.org/10.1109/MCI.2022.3155327>.
- Lambert, Sophie Isabelle, Murielle Madi, Saša Sopka, Andrea Lenes, Hendrik Stange, Claus Peter Buszello, and Astrid Stephan. "An Integrative Review on the Acceptance of Artificial Intelligence among Healthcare Professionals in Hospitals." *Npj Digital Medicine* 2023 6:1 6, no. 1 (June 10, 2023): 111-. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00852-5>.
- Leonelli, S. "Scientific Research and Big Data," May 29, 2020. [/articles/chapter/Scientific_research_and_big_data/29841467/1](https://articles/chapter/Scientific_research_and_big_data/29841467/1).
- . "Scientific Research and Big Data (Stanford Encyclopedia of Philosophy)," 2020. https://plato.stanford.edu/entries/science-big-data/?utm_source=chatgpt.com.
- Limongi, Ricardo. "The Use of Artificial Intelligence in Scientific Research with Integrity and Ethics." *Review of Artificial Intelligence in Education* 5, no. 00 (January 31, 2024): e22–e22. <https://doi.org/10.37497/REV.ARTIF.INTELL.EDUC.V5I00.22>.
- Manish Yadav, and Gurjeet Singh. "Environmental Sustainability With Artificial Intelligence." *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)* 9, no. 5 (May 24, 2023): 1–1. <https://doi.org/10.36713/EPRA13325>.
- Marcus, Gary., and Ernest. Davis. "Rebooting AI: Building Artificial Intelligence We Can Trust," 2019, 273.
- Masod, Muhammad Yusuf, and Siti Farhana Zakaria. "Artificial Intelligence in the Printing Industry: A Systematic Review of Industrial Applications, Challenges and Benefits." *International Journal of Research and Innovation in Social Science* VIII, no. IX (2024): 1713–32. <https://doi.org/10.47772/IJRISS.2024.8090141>.
- Miller, Tim. "Explainable AI Is Dead, Long Live Explainable AI! Hypothesis-Driven Decision Support," February 24, 2023. <https://arxiv.org/pdf/2302.12389>.
- Mirindi, Derrick. "A Review of the Advances in Artificial Intelligence in Transportation System Development." *Journal of Civil, Construction and Environmental Engineering* 2024, Volume 9, Page 72 9, no. 3 (June 6, 2024): 72–83. <https://doi.org/10.11648/J.JCCEE.20240903.13>.

- Munawar, Zen, Herru Soerjono, Novianti Indah Putri, Hernawati, and Andina Dwijayanti. "Manfaat Kecerdasan Buatan ChatGPT Untuk Membantu Penulisan Ilmiah." *TEMATIK* 10, no. 1 (June 1, 2023): 54–60. <https://doi.org/10.38204/TEMATIK.V10I1.1291>.
- Nur Adl, Waliyin, Prakoso Dwika Prihambodo, Duman Care Khrisne, I Made Arsa Suyadnya, and Fajar Purnama. "Rancang Bangun Sistem Chatbot Pemesananmenu Makanan Dan Minuman Pada Restoran Berbasis Telegram Bot Dengan Pendekatan Natural Language Processing." *Jurnal SPEKTRUM* 11, no. 2 (June 30, 2024): 233. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2024.V11.I02.P24>.
- Peter Galison. "A Material Culture of Microphysics." Edited by University of Chicago Press, 1997, 71–75. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/I/bo3710110.html>.
- Reinfa, Felix Febriano, and Paramitha Nerisafitra. "Analisis Chatbot Pendaftaran Mahasiswa Baru Menggunakan Algoritma Artificial Neural Network (Studi Kasus: Universitas Negeri Surabaya) | Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)." Accessed December 19, 2025. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jinacs/article/view/65924>.
- Resnik, David B., and Mohammad Hosseini. "The Ethics of Using Artificial Intelligence in Scientific Research: New Guidance Needed for a New Tool." *AI and Ethics* 2024 5:2 5, no. 2 (May 27, 2024): 1499–1521. <https://doi.org/10.1007/S43681-024-00493-8>.
- Revisión, Artículo De, and Daniel Román-Acosta. "Exploración Filosófica de La Epistemología de La Inteligencia Artificial: Una Revisión Sistemática." *Revista Uniandes Episteme* 11, no. 1 (January 1, 2024): 101–22. <https://doi.org/10.61154/RUE.V11I1.3388>.
- Ritonga, Joni Sandri, Ja ' Far, Hamzah Pulungan, Ouren Avellyola, Raja Nasrullah Fajrillah, Muhammad Fikri, Almajid Munthe, et al. "Peran Artificial Intelligence Dalam Meningkatkan Efisiensi Penegakan Hukum Dan Regulasi Persaingan Usaha." *Indonesia of Journal Business Law* 4, no. 1 (February 11, 2025): 75–88. <https://doi.org/10.47709/IJBL.V4I1.5447>.
- Rochim, Ahmad Abdul. "Kecerdasan Buatan: Resiko, Tantangan Dan Penggunaan Bijak Pada Dunia Pendidikan." *Antroposen: Journal of Social Studies and Humaniora* 3, no. 1 (January 29, 2024): 13–25. <https://doi.org/10.33830/ANTROPOSEN.V3I1.6780>.
- Román-Acosta, Daniel. "Exploración Filosófica de La Epistemología de La Inteligencia Artificial: Una Revisión Sistemática." *Revista Uniandes Episteme* 11, no. 1 (January 1, 2024): 101–22. <https://doi.org/10.61154/RUE.V11I1.3388>.
- Russo, Federica, Eric Schliesser, and Jean Wagemans. "Connecting Ethics and Epistemology of AI." *AI & SOCIETY* 2023 39:4 39, no. 4 (January 17, 2023): 1585–1603. <https://doi.org/10.1007/S00146-022-01617-6>.
- Saepuloh, Dani, and Joko Subandriyo. "Pemanfaatan Kecerdasan Buatan Dalam Penulisan Karya Ilmiah: Peluang, Tantangan, Dan Implikasi Etis." *Publishing Letters* 2, no. 1 (April 10, 2025): 11–14. <https://doi.org/10.48078/PUBLETTERS.V2I1.46>.
- Santos, Charles Morphy D., Luciana Campos Paulino, Michaela P. Andrade, Gabriel Tognella-Poccia, and João Paulo Gois. "Reproducibility and Scientific Interpretation in the Age of AI: Consilience in Biological Systematics, Ecology, and Molecular Biology," July 25, 2025. <https://arxiv.org/pdf/2507.22942>.
- Sari, Kartika, Kartika Puspita Sari, Anis Masruri, and Desfiana Ramdhani Rosalia. "Optimalisasi Temu Kembali Informasi Dengan Teknologi Kecerdasan Buatan Di Perpustakaan." *JIPi (Jurnal Ilmu Perpustakaan Dan Informasi)* 8, no. 2 (November 6, 2023): 349–66. <https://doi.org/10.30829/jipi.v8i2.17775>.
- Tresnawati, Dewi, Yomi Guno, I Putu Satwika, Ary Setijadi Prihatmanto, and Dimitri Mahayana. "Artificial Intelligence Serta Singularitas Suatu Kekeliruan Atau Tantangan." *Jurnal Algoritma*

19, no. 1 (May 10, 2022): 181–88. <https://doi.org/10.33364/ALGORITMA/V.19-1.1028>.

Villaescusa-Navarro, Francisco, Boris Bolliet, Pablo Villanueva-Domingo, Adrian E. Bayer, Aidan Acquah, Chetana Amancharla, Almog Barzilay-Siegal, et al. "The Denario Project: Deep Knowledge AI Agents for Scientific Discovery." *Cárdenas Ramírez* 13 (October 30, 2025): 20. <https://arxiv.org/pdf/2510.26887>.

Wilson, Andrew Gordon, and Pavel Izmailov. "Bayesian Deep Learning and a Probabilistic Perspective of Generalization." *Advances in Neural Information Processing Systems* 2020-December (February 20, 2020). <https://arxiv.org/pdf/2002.08791>.

Zahidin, Ilham, Bulkis Kanata, Lalu A Syamsul, and Irfan Akbar. "Perkiraan Suhu Menggunakan Algoritma Recurrent Neural Network Long Short Term Memory." *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)* 6, no. 1 (November 30, 2024): 244–52. <https://doi.org/10.47065/JOSYC.V6I1.6242>.