

IMPLEMENTASI MATEMATIKA DALAM PENGEMBANGAN TEKNOLOGI ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Siti Fatimah Sihotang

Universitas Potensi Utama, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20241

Metrilitna br Sembiring

Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20217

Ratna Wahyuni

Politeknik Negeri Media Kreatif, Jakarta, Indonesia, 12640

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan bukti yang tersedia terkait peranan matematika seperti aljabar linear, matematika diskrit, pemodelan komputasi untuk mendukung perkembangan Artificial Intelligence. Matematika merupakan fondasi utama dalam pengembangan dan pemahaman ilmu komputer, serta menjadi bahasa universal yang digunakan untuk menganalisis, merancang, dan mengoptimalkan berbagai aspek. Sementara itu, matematika diskrit berperan sebagai fondasi penting bagi kecerdasan buatan, khususnya dalam bidang logika. Prinsip-prinsipnya mendasari banyak algoritma dan proses yang bergantung pada sistem Artificial Intelligence. Lebih lanjut, banyak konsep dan prinsip matematika lain nya yang juga digunakan dalam ilmu komputer, seperti logika proposisi, aljabar boolean, teori graf, teori bilangan, statistik, dan analisis algoritma. Dengan demikian, Ilmu komputer dan matematika jelas memiliki keterkaitan yang sangat erat dan saling melengkapi satu sama lain. Dari hasil penelitian terkait mengidentifikasi dan memetakan bukti yang tersedia, diketahui bahwa matematika bukanlah sekadar alat bantu, melainkan tulang punggung dari seluruh pengembangan teknologi Artificial Intelligence modern yang digunakan saat ini.

Kata Kunci: Ilmu matematika, ilmu computer, teknologi kecerdasan buatan

Abstract. This research aims to identify and map available evidence regarding the role of mathematics (such as linear algebra, discrete mathematics, computational modeling) in supporting the development of Artificial Intelligence. Mathematics is a key foundation for the development and understanding of computer science, and is a universal language used for analyzing, designing, and optimizing various aspects. Discrete mathematics, on the other hand, plays a crucial role in the foundation of artificial intelligence, particularly in the field of Artificial Intelligence. Its principles underlie many algorithms and processes that Artificial Intelligence systems rely on. Furthermore, many other mathematical concepts and principles are also used in computer science, such as propositional logic, Boolean algebra, graph theory, number theory, statistics, and algorithm analysis. Thus, computer science and mathematics are clearly closely related and complement each other. Research findings, including identifying and mapping available evidence, demonstrate that mathematics is not merely a tool, but rather the backbone of all modern Artificial Intelligence technology developments currently in use.

Keywords: mathematics, computer science, artificial intelligence

Sitasi: Sihotang, S.F., br Sembiring, M. 2026. Implementasi Matematika dalam Pengembangan Teknologi Artificial Intelligence. *MES (Journal of Mathematics Education and Science)*, 11(2): 216-223.

Submit: 21 April 2026	Revise: 21 April 2026	Accepted: 29 April 2026	Publish: 10 Mei 2026
---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

PENDAHULUAN

Tantangan yang dihadapi manusia pada era industri 4.0 saat ini semakin kompleks. Berbagai kajian melaporkan terdapat beberapa kompetensi yang harus dimiliki manusia pada abad ke-21 untuk tetap bertahan hidup dan sukses, dengan tetap berinovasi pada teknologi. Kompetensi tersebut antara lain kemampuan berkomunikasi, berkolaborasi, kreatif, dan berpikir kritis. Hal itulah yang menjadi dasar lahirnya suatu terobosan baru dalam dunia teknologi. Revolusi ini ditandai dengan penggabungan kemajuan teknologi fisik dan digital yang saat ini dikenal dengan istilah *Artificial Intelligence (AI)*.

Konsep *Artificial Intelligence (AI)* ternyata pertama kali diperkenalkan di Jerman pada tahun 2011 sebagai bagian dari inisiatif strategi teknologi tinggi pemerintah untuk mempromosikan digitalisasi manufaktur. Namun, popularitasnya melesat setelah diangkat dalam Forum Ekonomi Dunia (*World Economic Forum*) yang membahas dampaknya yang luas, termasuk pada masa depan pekerjaan. Menurut *World Economic Forum*, Industri 4.0 bukan hanya tentang teknologi, tetapi juga tentang cara berinteraksi dengan teknologi tersebut untuk menciptakan sistem yang lebih cerdas dan adaptif, yang tentunya dapat mempermudah tugas manusia di masa depan.

Diketahui juga bahwa di era industri 4.0 ini, teknologi digital telah mengubah secara fundamental cara manusia hidup, bekerja, dan berinteraksi. Revolusi ini ditandai dengan penggabungan kemajuan teknologi fisik dan digital. Perkembangan ini bertujuan menjawab kebutuhan era industri 4.0, di mana kemampuan berpikir logis dan matematis sangat krusial. Menurut Netriwati (2014), kemampuan berpikir logis dan matematis merupakan konsep dasar yang ada pada matematika. Kemampuan ini merupakan gabungan dari kecerdasan logis, penggunaan angka, operasi hitung, serta pemahaman konsep dan prinsip matematika.

Matematika adalah suatu ilmu dasar yang memiliki peranan penting dan menjadi fondasi utama sebagai suatu studi dalam hal pengembangan dan pemahaman ilmu komputer. Keduanya saling terikat dan tidak bisa dipisahkan karena logika komputasi dibangun sepenuhnya di atas prinsip – prinsip matematis (Tarigan et al., 2026). Matematika juga merupakan bahasa yang digunakan untuk merumuskan dan memecahkan banyak masalah dalam kecerdasan buatan, dari pembelajaran mesin hingga *deep learning*, pengolahan bahasa alami (*Natural Language Processing*), dan banyak lagi. Dengan demikian, perkembangan matematika saat ini seperti aljabar linier, matematika diskrit, dan pemodelan komputasi sudah berfokus pada integrasi teknologi canggih, untuk mendukung perkembangan *Artificial Intelligence (AI)*. Selain itu, kalkulus dan statistika juga tidak lepas menjadi alat utama untuk memodelkan data pada *Artificial Intelligence (AI)* (Chatterjee, 2020).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka jelas bahwa matematika telah menjadi bahasa universal dalam pemodelan dan analisis data, dan kontribusinya yang tak terbantahkan dalam perkembangan *Artificial Intelligence (AI)* modern seperti saat ini. *Artificial Intelligence (AI)* melibatkan penggunaan algoritma dan model matematika untuk memungkinkan komputer dan sistem lainnya untuk belajar dari data, mengenali pola, dan membuat keputusan yang cerdas.

AI adalah singkatan dari *Artificial Intelligence*, yang dalam bahasa Indonesia berarti Kecerdasan Buatan. Kecerdasan buatan adalah sebuah fenomena menarik yang patut untuk diteliti karena kecerdasan buatan adalah bidang yang bertujuan untuk menciptakan entitas buatan yang mampu berpikir, belajar, dan mengambil keputusan seperti manusia. Pendapat lain juga menyatakan kecerdasan buatan adalah suatu teknologi dalam bidang ilmu komputer yang dirancang untuk meniru kemampuan intelektual manusia, seperti berpikir, belajar, memecahkan masalah, dan mengambil keputusan (Eriana dan Zein, 2023).

Kecerdasan Buatan (*AI*) bekerja dengan cara menganalisis kumpulan data yang sangat besar melalui algoritma untuk membuat model yang dapat mengotomatisasi tugas-tugas tertentu. Tujuan utamanya adalah mempermudah pekerjaan manusia dan meningkatkan

produktivitas dengan sistem yang dapat bekerja secara mandiri. Kecerdasan buatan juga digunakan dalam simulasi matematika yang melibatkan pemodelan fenomena alam atau permasalahan matematika yang kompleks (Wang dan Fan, 2025).

Dalam simulasi ini, menurut Cormen et al., (2009) algoritma kecerdasan buatan dapat digunakan untuk menghasilkan hasil numerik yang mendekati solusi analitik. Konsep – konsep seperti struktur data, graf, dan kombinatorika digunakan untuk merumuskan algoritmanya yang mana perumusan algoritma dapat digunakan untuk memecahkan masalah kompleks dalam *AI*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keterkaitan yang erat antara ilmu matematika, kecerdasan buatan, dan teknologi modern terhadap perkembangan *Artificial Intelligence (AI)*.

METODE

Matematika memiliki peran yang sangat penting dalam kecerdasan buatan (*AI*). Hal ini diperjelas dengan kenyataan bahwa dalam dunia modern yang penuh data, *AI* membutuhkan model matematis yang kuat untuk membuat keputusan yang kompleks. Hal ini dapat dilihat dari pemodelan data dan pengembangan algoritma hingga pengambilan keputusan dan penalaran selalu membutuhkan penerapan prinsip ilmu matematika yang kuat (Jilly et al., 2026). Tanpa adanya matematika, *Artificial Intelligence (AI)* tidak akan pernah ada karena matematika adalah fondasi utamanya, termasuk logika, aljabar linear, probabilitas, dan kalkulus.

Konsep-konsep matematis seperti aljabar linier, kalkulus, teori probabilitas, statistik serta matematika komputasi tersebut memberikan fondasi kuat yang memungkinkan pengembangan algoritma pembelajaran mesin yang canggih agar dapat membuat keputusan yang cerdas. Oleh karena itu, dengan pemahaman mendalam tentang matematika, model *AI* dapat dikembangkan dan dioptimalkan untuk memberikan hasil yang lebih akurat dan andal agar mempermudah pengambilan keputusan berbasis data di berbagai bidang (Weinan et al., 2020; (Argisitawan et al., 2022; (Muhrial et al., 2022; (Kufel et al., 2022; (Semadi, Kristomo, dan Purnomosadi, 2023).

Keseluruhan penjelasan di atas dapat dirangkum melalui Gambar 1 berikut (Andriyani, et al., 2024).



Gambar 1. Peran Penting Matematika dalam Kecerdasan Buatan

Penelitian ini menggunakan pendekatan kombinasi antara studi teoritis dengan pendekatan scoping review, yang terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Kajian Literatur

Melakukan studi pustaka terhadap teori dasar matematika seperti aljabar linier, matematika diskrit, matematika komputasi dari berbagai buku teks dan jurnal ilmiah untuk membangun landasan teoritis yang kuat kaitannya terhadap pengembangan *Artificial Intelligence (AI)*.

2. Pemodelan dan Representasi Data

Untuk dapat diproses oleh komputer dalam hal merumuskan bentuk model (memodelkan) dan mempresentasikan data, maka kerangka kerjanya disediakan oleh matematika.

3. Pembelajaran Mesin dan Algoritma AI

Algoritma pembelajaran mesin juga bergantung pada ilmu matematika seperti regresi linier, pohon keputusan, dan jaringan saraf tiruan. Tentunya semuanya bergantung pada prinsip-prinsip matematika yang kuat untuk dapat menyempurnakan model, meminimalkan kesalahan, dan meningkatkan akurasi prediksi (Sarker, 2021).

4. Pengambilan Keputusan dan Penalaran

Matematika dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang dapat menyederhanakan situasi rumit menjadi model matematika yang dapat diprediksi. Model ini menjadi cara yang andal untuk menganalisis data, yang mana matematika memungkinkan untuk mengevaluasi berbagai pilihan secara rasional dan memilih keputusan yang terbaik berdasarkan bukti – bukti yang tepat dan akurat (Taherdoost dan Mitra, 2023).

5. Evaluasi Efektivitas Penalaran

Melakukan penilaian terhadap hasil temuan untuk mengetahui dan memastikan apakah keputusan yang diambil dapat dimanfaatkan secara efektif sesuai dengan penalaran yang telah dilakukan.

6. Aplikasi Nyata Matematika dalam AI

Menyusun rekomendasi untuk pengembangan *Artificial Intelligence (AI)* dan aplikasi nyata matematika dalam *AI*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Matematika adalah bahasa dan fondasi fundamental di balik perkembangan Kecerdasan Buatan (*AI*). Tanpa matematika, *AI* tidak akan mampu merepresentasikan, memproses, dan menganalisis data dalam jumlah besar secara efisien, agar dapat membuat keputusan dengan cerdas. Oleh karena itu, dibutuhkan bahasa pemrograman yang tepat untuk menggabungkan seluruh proses kinerja *AI* tersebut.

Bahasa pemrograman menjadi sangat penting dalam kecerdasan buatan (*AI*) karena berfungsi sebagai jembatan utama bagi manusia untuk memberikan instruksi, logika, dan struktur data kepada mesin agar dapat berpikir dan bertindak layaknya manusia. Tanpa adanya bahasa pemrograman, *AI* tidak dapat diwujudkan, dilatih, atau diimplementasikan dalam aplikasi dunia nyata karena bahasa pemrograman sangat mempengaruhi efisiensi, kinerja, dan kemampuan aplikasi yang dihasilkan (Taufik et al., 2023).

Pada kecerdasan buatan, pemilihan bahasa pemrograman yang tepat memainkan peran krusial dalam keberhasilan pengembangan dan implementasinya. Berbagai bahasa pemrograman menawarkan fitur dan kemampuan yang berbeda, yang mempengaruhi kemudahan penggunaan, efisiensi, dan hasil akhir yang dicapai (Mailani et al., 2022).

Terdapat 5 bahasa pemrograman utama yang terbaik untuk pengembangan *AI*, yakni: Pertama, bahasa pemrograman **Python**, merupakan bahasa pertama yang digunakan dalam ilmu computer dan menjadi bahasa pertama pula yang digunakan untuk *AI*. Python mendominasi karena mudah dipelajari, sintaks yang simpel, dan ekosistem library yang sangat

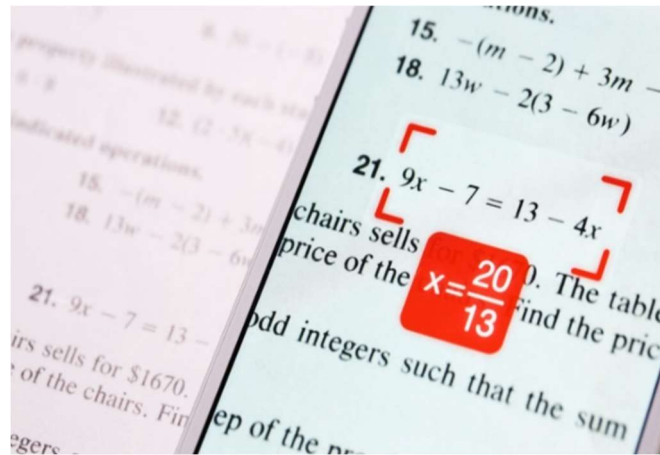
lengkap. Framework populer seperti TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn, hingga Pandas membuat Python menjadi pilihan nomor satu untuk Data Scientist maupun Machine Learning Engineer. Bagi pemula, Python adalah pintu masuk terbaik ke dunia AI. Sedangkan untuk profesional, Python tetap jadi pilihan utama karena fleksibilitasnya; Kedua, bahasa pemrograman C++, Digunakan untuk aplikasi *AI* yang membutuhkan kecepatan tinggi dan pemrosesan *real-time*, seperti robotika dan sistem otonom. Selain itu, C++ dikenal sebagai bahasa dengan performa tinggi. Meski tidak semudah Python, bahasa ini sering digunakan dalam *AI* untuk game development, robotics, dan sistem real-time yang membutuhkan kecepatan dan efisiensi. Dengan kontrol penuh terhadap memori dan performa, C++ menjadi pilihan bagi proyek *AI* yang menuntut kinerja maksimal. Ketiga, bahasa pemrograman **Java script**, Populer untuk integrasi *AI* dalam aplikasi skala besar (*enterprise*) karena stabilitasnya. Java juga dikenal sebagai bahasa pemrograman yang stabil dan tangguh. Di bidang AI, Java sering digunakan dalam aplikasi skala besar di perusahaan. Framework seperti Deeplearning dan Weka mendukung pengembangan model AI menggunakan Java; Keempat, bahasa pemrograman **Julia**, bahasa Julia mungkin belum sepopuler Python atau R, tapi semakin banyak digunakan di dunia *AI* pada 2025. Keunggulannya ada di kecepatan yang hampir setara dengan C++, namun tetap mudah dipelajari. Julia cocok untuk proyek AI dengan komputasi numerik yang kompleks, seperti simulasi ilmiah, big data, atau deep learning berskala besar. Banyak peneliti mulai melirik Julia karena performanya yang tinggi. Kelima; bahasa pemrograman **R**, Jika proyek *AI* sangat bergantung pada analisis statistik dan visualisasi data, maka R adalah pilihan yang tepat. Bahasa ini sudah lama dipakai oleh peneliti, akademisi, dan data scientist untuk mengolah data dalam jumlah besar.

Selain bahasa pemrograman yang menjadi fondasi penting terkait pengembangan *AI*, terdapat juga sistem logika utama yang digunakan dalam *AI*, yakni : Logika Simbolik (Logika Klasik/Formal), Logika Fuzzy (Logika Samar/Kabur), Logika Probabilistik (Bayesian), Logika dalam Pembelajaran Mesin (Machine Learning), Agen Cerdas (Rational Agents).

Kecerdasan Buatan (*AI*) sering dianggap sebagai teknologi yang meniru kemampuan manusia. Namun, di balik kemampuan tersebut, *AI* beroperasi menggunakan algoritma yang seluruhnya didasarkan pada konsep matematika (Badri, 2024). Berikut dipaparkan beberapa aplikasi nyata matematika dalam *AI* :

1. Pengenalan Wajah: Menggunakan aljabar linear untuk menganalisis dan merepresentasikan fitur wajah sebagai data numerik.
2. Pemrosesan Bahasa Alami: Probabilitas dan statistik digunakan untuk memahami konteks dan hubungan antar kata.
3. Sistem Rekomendasi: Teori graf dan optimasi digunakan untuk menyarankan produk berdasarkan preferensi pengguna.
4. Analisis Data Medis: Statistik membantu dalam membuat prediksi berdasarkan data pasien, seperti diagnosis penyakit.
5. Computer Vision (Pengenalan Gambar): Gambar digital direpresentasikan sebagai matriks piksel.

Selain beberapa contoh di atas, terdapat contoh lain penggunaan *AI* yang ternyata dapat dimanfaatkan dalam Pembelajaran Matematika. Contoh tersebut adalah **PhotoMath**. PhotoMath adalah aplikasi yang bisa menyelesaikan rumus matematika dengan tepat. Selain itu Aplikasi ini mengusung teknologi pembaca teks canggih dari MicroBlink. Alasan mengapa PhotoMath spesial ialah karena ia bekerja secara real-time, dimana kita akan mendapatkan respon instan ketika memindai soal matematika dengan smartphone. Selama soal diketik dan tidak ditulis tangan, PhotoMath mampu membacanya (Dewi dan Handayani, 2022).



Gambar 2. Tampilan Penyelesaian Soal Matematika menggunakan Aplikasi PhotoMath

Hanya dengan mengarahkan kamera ke arah soal matematika yang diinginkan, memotretnya, lalu PhotoMath akan langsung memberikan hasilnya kepada pengguna. Kelebihan aplikasi PhotoMath ini dapat membaca dan menyelesaikan soal matematika hanya dengan menggunakan kamera di ponsel secara real time. Aplikasi ini membuat matematika menjadi mudah dan simpel dengan mengedukasi pengguna bagaimana menyelesaikan soal matematika (Rifa'i, M., & Yahfizham, 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal: Pertama, Matematika memiliki tugas untuk menyediakan kerangka kerja yang diperlukan agar dapat membuat mesin belajar dari pola data dan memprediksi hasil; Kedua, Matematika bukan hanya alat, tetapi juga bahasa yang memungkinkan kecerdasan buatan untuk berkembang dan berkontribusi pada berbagai aspek kehidupan manusia. Dengan memahami matematika di balik *AI*, dapat dipahami bagaimana teknologi ini mengubah dunia; Ketiga, Kecerdasan buatan adalah kekuatan dahsyat yang dapat melipatgandakan kemampuan manusia. Seperti disinyalir oleh banyak pakar, meski otak manusia akan menyusut, tetapi masih bisa bernalar, berpikir, dan bekerja secara efektif dengan bantuan kecerdasan buatan; Keempat, Matematika bukanlah sekadar alat bantu, melainkan tulang punggung dari seluruh teknologi *AI* modern. Memahami matematika adalah kunci untuk mengembangkan *AI* yang lebih kompleks dan efisien di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, W., Anshori, M., Normawati, D., Pradini, R. S., Zaenudin, M., Harisuddin, M. I., Haris, M. S., Astuty, Sitinjak, A. A., & Kusuma, W. T. (2024). *Matematika Pada Kecerdasan Buatan*. Makassar: CV Tohar Media.
- Argisitawan, A. et al. (2022). 'Determining the Target of Independent Graduation for Beneficiary Families of the Hopeful Family Program', *Journal of Intelligent Software Systems*, 1(1), p. 55. Available at: <https://doi.org/10.26798/jiss.v1i1.601>.
- Badri, Fawaidul. (2024). Pemanfaatan Aritificial dalam Pembelajaran Matematika. *Galois: Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika*, 3(2), 52-59.
- Berman, G., Chubb, J. and Williams, K. (2023). 'The Use of *AI* in Science, Technology, Engineering, and Maths – Key themes identified in a breadth – focused literature review', (March).

- Chatterjee, R. (2020). 'Fundamental Concepts of Artificial Intelligence and It's Applications', *Journal of Mathematical Problems, Equations and Statistics*, 1(2), pp. 13-24. Available at: www.mathematicaljournal.com.
- Dewi, N. W. D. P., Handayani, I. G. A. (2022). Peranan Aplikasi Photomath dalam Pembelajaran Matematika di Era Literasi Digital (Kajian Pustaka). *Suluh Pendidikan (Jurnal Ilmu-Ilmu Pendidikan)*, 20 (1), 94 – 101.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). *Introduction to Algorithms*. MIT Press.
- Eriana, E. S., Zein, A. (2023). *Artificial Intelligence (AI)*. Pamulang: Eureka Media Aksara.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Jilly, N. W., Sudiarta, G. P., Suweken, G. Mahayukti, G. A., Mertasari, N. M. S. (2026). Peran *Artificial Intelligence* dalam Pembelajaran Matematika terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis: *Systematic Literature Review*, 4(3), 242-260.
- Kufel, J. et al. (2023). 'What Is Machine Learning, Artificial Neural Networks and Deep Learning? – Examples of Practical Applications in Medicine', *Diagnostics*, 13(15). Available at : <https://doi.org/10.3390/diagnostics13152582>.
- Mailani, O., Nuraeni, I., Syakila, S. A., & Lazuardi, J. (2022). Bahasa Sebagai Alat Komunikasi Dalam Kehidupan Manusia. *Kampret Journal*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.35335/kampret.v1i1.8>.
- Muhrial, H. et al. (2022). 'Data Warehouse to Support the Decision Using Vikor Method', *Journal of Intelligent Software Systems*, 1(2), p. 153. Available: <https://doi.org/10.26798/jiss.v1i2.767>.
- Netriwati. (2014). *Peningkatan Kemampuan Berpikir Logis Matematis Siswa melalui Pendekatan Ilmu Matematika*. Lampung: UIN Raden Intan.
- Rifa'i, M., & Yahfizham. (2024). Penggunaan Aplikasi Photomath pada Pembelajaran Matematika: Systematic Literature Review. *LANCAH: Jurnal Inovasi Dan Tren*, 2(2), 587~590. <https://doi.org/10.35870/ljit.v2i2.2798>.
- Sarker, I.H (2021). 'Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions', *SN Computer Science*, 2(3), pp.1-21. Available at: <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>.
- Semadi, I.N.O., Kristomo, D. and Purnomosidi, B. (2023). 'A Decision Model to Support the Selection of SENKOM Personnel Using the Profile Matching Method with the Capability of Cyber Security', *Journal of Intelligent Software Systems*, 2(2), p. 1. Available at: <https://doi.org/10.26798/jiss.v2i2.1135>.
- Taherdoost, H. and Mitra Madanchian. (2023). 'Decision Making: Models, Processes, Techniques', *Cloud Computing and Data Science*, (August), pp. 1-14. Available at: <https://doi.org/10.37256/ccds.5120233284>.
- Tarigan, I. M. B., Sari, I. P., Zulherry, A., Ansya, Y. A., Laman, E. G., Saputra, E. M., Patty, H. W. M., Andriani, W., Muhammadun., Nurmayaningsih, Damayanti, E. (2026). *Fondasi Matematika untuk Ilmu Komputer & Implementasinya dalam Pendidikan. Yayasan Kita Menulis*.
- Taufik, S. C. I., Rismayanti, R., Sopian, D. R., & Saputra, A. A. D. (2023). The Influence Of The Development Of Artificial Intelligence Technology In The Industrial Field. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 4(8), 1186. <https://doi.org/10.59141/jist.v4i8.657>.
- Wang, J., & Fan, W. (2025). The effect of chatgpt on students' learning performance, learning perception, and higher-order thinking: insights from a meta-analysis. *In Humanities and Social Sciences Communications*, 12 (1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04787-y>.

Weinan, E. et al. (2020). 'Towards a Mathematical Understanding of Neural Network-Based Machine Learning: What We Know and What We Don't', *CSIAM Transactions on Applied Mathematics*, 1(4), pp. 561-615. Available at: <https://doi.org/10.4208/csiam-am.SO-2020-0002>.