

Artificial Intelligence dalam Artikel Pendidikan Biologi pada Rentang Tahun 2003-2024

Rinie Pratiwi Puspitawati^{1*}, Muhammad Zahrudin Afnan², Habil Prasetyo Abrizal¹, Gusti Ayu Dea Kirana Anjani¹ & Bima Adisatria¹

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, 60231

²Program Magister Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, 60231

*Corresponding Author: riniepratiwi@unesa.ac.id

ABSTRAK

Fungsi *Artificial Intelligence* dalam proses pembelajaran biologi akan meningkatkan kapasitas manusia untuk menganalisis data besar dan kompleks. *Artificial Intelligence* juga memiliki peran penting terhadap perkembangan media pembelajaran yang kreatif dan inovatif sehingga siswa tidak merasa bosan di kelas. Tujuan penelitian adalah memberikan gambaran umum tentang literatur penelitian *Artificial Intelligence* pada pembelajaran biologi berdasarkan analisis bibliometrik dari sejumlah artikel. Jurnal yang dipublikasikan di database scopus dengan kata kunci "*Artificial Intelligence in Biology Education*" ditemukan n=249 kemudian difilter dengan beberapa indikator didapatkan hasil akhir n=92 untuk identifikasi kesenjangan ilmiah sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya. Metode yang digunakan adalah analisis bibliometrik dengan dibantu software *VOSviewer* dan *Biblioshiny*. Hasil penelitian menunjukkan tren peningkatan penelitian tentang *Artificial Intelligence* pada pembelajaran biologi, ditemukan beberapa topik/kata kunci, beberapa kolaborasi penulis dan sitasi dari jumlah negara yang bisa dijadikan acuan untuk perkembangan penelitian mengenai *Artificial Intelligence* pada pembelajaran biologi. Memastikan penggunaan yang tepat dan bermanfaat bagi *Artificial Intelligence* dalam proses pembelajaran biologi, perlu mempertimbangkan masalah etika, keamanan data, dan interpretasi yang akurat dari hasilnya dalam konteks biologi.

.Kata Kunci: *Artificial Intelligence*, Pembelajaran Biologi, Bibliometrik

Pendahuluan

Menurut Alfin (2018), filosofi teknologi memainkan peran penting dalam revolusi Industri 4.0, yang telah mengubah banyak aspek kehidupan manusia, termasuk sistem pendidikan. Kemajuan dalam pendidikan memerlukan inovasi dan AI. Untuk menghadapi revolusi industri 4.0, sistem pendidikan yang memungkinkan siswa menjadi inovatif, kreatif, dan bersaing di pasar global sangat penting. Dengan mengoptimalkan penggunaan teknologi sebagai alat pendidikan, hasil dapat dipertahankan atau diperbaiki seiring berjalannya waktu. Kualitas siswa yang lulus di Indonesia harus ditingkatkan untuk memenuhi persyaratan pekerjaan dan perkembangan teknologi digital. Harus diganti dengan pendekatan pendidikan yang lebih menekankan pada menghafal atau menemukan solusi untuk setiap pertanyaan. Pendidikan di Indonesia harus diubah menjadi proses yang melibatkan pemikiran visioner, termasuk menanamkan keterampilan berpikir kreatif dan inovatif. Menjadi penting untuk menghadapi berbagai kemajuan dalam teknologi dan ilmu pengetahuan. AI telah mempercepat banyak aspek kehidupan manusia, seperti pendidikan,

kesehatan, pengaturan iklim, dan produksi pertanian. Harahap (2019) mengatakan bahwa mengoptimalkan kemampuan individu dengan menggabungkan kecerdasan manusia dan kecerdasan buatan akan memberi Anda kesempatan untuk mencapai lebih banyak. Definisi *Industrial Society 4.0* dan *Society 5.0* dari AI adalah "program komputer, pembelajaran mesin, perangkat keras dan perangkat lunak". Dengan kata lain, mereka mengacu pada penggunaan teknologi canggih dalam kehidupan sehari-hari dan industri, termasuk penggunaan AI untuk meningkatkan inovasi dan efisiensi. Ilmuwan mengembangkan kecerdasan dengan menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras yang terinspirasi oleh rekayasa terbalik dari pola neutron di otak manusia. Produk industri 4.0 dan aplikasi kehidupan sehari-hari sangat populer di berbagai industri, seperti pendidikan (Batubara, 2020).

Penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) pada siswa Sekolah Menengah Atas, khususnya di mata pelajaran Biologi, menarik untuk diteliti. Penulis percaya bahwa siswa sangat sering menggunakan AI sampai mereka tidak menyadari bahwa hal tersebut memberikan banyak manfaat bagi keberlangsungan pembelajaran, khususnya mata pelajaran Biologi. Hal ini dapat dibuktikan bahwa AI membantu dalam berbagai aspek pendidikan dan sesuai dengan kebutuhan siswa dalam proses pembelajaran dengan mempermudah akses informasi dan meningkatkan efektivitas pembelajaran, seperti pembuatan laporan yang membutuhkan jurnal ilmiah dan media pembelajaran.

Salah satu bidang yang terus mengalami kemajuan teknologi digital adalah pendidikan. Semua orang, terutama siswa, telah menghadapi tantangan baru karena era digital telah mengubah cara kita belajar. Penggunaan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) telah menjadi topik yang semakin menarik perhatian dalam bidang pendidikan di tengah perubahan yang terjadi. Penggunaan AI dapat berdampak positif pada pembelajaran siswa di universitas karena memberikan pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang didasarkan pada teknologi terbaru. Diharapkan bahwa siswa yang bekerja sebagai agen perubahan pada akhirnya akan memiliki kemampuan untuk menyebarkan pengetahuan dan pengetahuan mereka ke seluruh dunia. Selain metode dan kecepatan belajar yang berbeda-beda untuk setiap orang, salah satu masalah terbesar di dunia pendidikan adalah bagaimana nilai-nilai yang ditanamkan dalam diri mereka setelah beradaptasi dengan sistem berbasis AI. Efek yang diberikan juga memengaruhi perkembangan siswa dalam bertindak, merespons, dan menangani masalah. nilai kejujuran, tanggung jawab, dan persaingan (Rajalingam *et al*, 2021).

Secara umum, aplikasi canggih berbasis ilmu teknologi (IT) berdampak besar pada cara siswa berpikir dan mengetahui apa yang mereka pelajari. Aplikasi ini memaksa siswa untuk berpikir kritis dan berhati-hati, serta memungkinkan mereka untuk berinteraksi dan berinteraksi dengan cara yang sangat maju. Pendidikan adalah bagian yang sangat penting dari pembangunan suatu negara (Mustari, 2014). Sistem pendidikan yang efisien dan efektif tidak mudah dicapai (Arini & Wiguna, 2021).

Banyak masalah yang masih menghalangi peningkatan efektivitas dalam dunia pendidikan saat ini. Salah satunya adalah kekurangan tenaga pendidik di antara banyaknya siswa. Akibatnya, guru mungkin kesulitan mencatat jumlah siswa atau menganalisis data atau nilai yang dikumpulkan siswa (Sidiq *et al*, 2019). *Artificial Intelligence* (AI) dapat membantu guru dan siswa meningkatkan hasil belajar mereka dengan menangani data dengan cepat dan akurat (Farid *et al*, 2023). Selain itu, AI dapat membantu mengatur jadwal, memantau kehadiran siswa, dan membuat program pembelajaran yang sesuai dengan

kebutuhan siswa (Amir & Sartika, 2018). Selain itu, laporan dan analisis yang lebih akurat dapat membantu orang yang membuat keputusan tentang sistem pendidikan membuat kebijakan (Oktaviyana, 2023). Dalam hal efektivitas, AI dapat membantu dalam membangun model pembelajaran yang lebih personal dan adaptif sehingga memungkinkan program pembelajaran disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan siswa yang menghasilkan hasil belajar yang lebih baik.

Salah satu teknologi yang sedang berkembang dalam Revolusi Industri 4.0 adalah *artificial intelligence* (AI). AI akan sangat membantu kemajuan dalam bidang informasi dan teknologi di masa mendatang. Keterampilan siswa dalam mencari informasi telah berkembang, terutama dalam menjawab pertanyaan guru. Siswa semakin kreatif dalam mencari informasi di internet, terutama dengan menggunakan Chat GPT AI, yang dapat menjawab semua pertanyaan secara instan.

Pendidik bertanggung jawab untuk memberikan pengetahuan kepada siswa mereka. Mereka harus mempelajari kemajuan teknologi, membuat pembiasaan, dan membangun kultur akademik yang menghormati nilai moral (Faiz & Kurniawaty, 2023). Penelitian tambahan tentang penggunaan Chat GPT menunjukkan bahwa itu memiliki potensi yang sangat besar untuk digunakan dalam penelitian, pencarian data, dan penemuan referensi. ChatGPT memiliki banyak manfaat dalam hal penyediaan informasi dan dukungan penelitian. Namun, ada juga masalah seperti kesulitan memahami konteks dan kemungkinan ketergantungan yang perlu diatasi (Suharmawan, 2023). Studi lain menunjukkan bahwa ChatGPT meningkatkan belajar-mengajar di sekolah. Selain itu, temuan ini menekankan pentingnya pelatihan guru untuk menggunakan alat tersebut dengan benar (Montenegro-Rueda *et al*, 2023). Banyak pendapat berbeda tentang apakah ChatGPT dapat digunakan dalam pendidikan. Keuntungan yang signifikan termasuk penilaian otomatis, dukungan untuk penelitian, dan peningkatan interaksi manusia-komputer. Masalah seperti plagiarisme dan keamanan pengujian online telah ditemukan serta dampak sosial dan ekonomi yang lebih luas, seperti perpindahan pekerjaan, kesenjangan literasi digital, dan kecemasan yang disebabkan oleh AI (Dempere *et al*, 2023). Studi menunjukkan bahwa menggunakan ChatGPT dalam pendidikan memiliki banyak manfaat bagi siswa termasuk siswa menjadi lebih terlibat dalam proses pembelajaran, lebih termotivasi, dan lebih memiliki keterampilan modern. ChatGPT juga meningkatkan kepercayaan diri siswa (Diantama, 2023).

Meskipun kecerdasan buatan memiliki banyak potensi, ada beberapa masalah yang perlu diperhatikan saat menerapkannya. Keamanan data siswa sangat penting. Data pribadi siswa harus dilindungi dari penyalahgunaan. Kecerdasan buatan memiliki dampak yang signifikan terhadap bidang pendidikan. Pengalaman belajar yang interaktif, personalisasi pembelajaran, evaluasi yang akurat, dan pengelolaan yang efektif dapat membuat pendidikan lebih efektif dan inklusif. Untuk memaksimalkan penggunaan AI dalam pendidikan, etika, privasi, dan keamanan data siswa harus dipertimbangkan.

Hal ini menyebabkan kebutuhan masyarakat akan institusi pendidikan tinggi yang mudah diakses untuk semua orang (Rifky *et al*, 2023). Sebagai intelektual, kita harus berhati-hati dan tidak anti terhadap kemajuan teknologi informasi karena itu adalah keniscayaan. Untuk memastikan bahwa dunia pendidikan, khususnya pendidikan tinggi, dapat mengambil manfaat dari kemajuan teknologi informasi, penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum literatur penelitian kecerdasan buatan tentang pembelajaran

biologi. Penelitian ini menggunakan metode bibliometrik yang inovatif untuk menganalisis dokumen yang berkaitan dengan penerapan kecerdasan buatan dalam pembelajaran biologi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi tren utama dalam penerapan kecerdasan buatan dalam pembelajaran biologi, termasuk jenis alat yang paling sering digunakan, masalah yang dihadapi, dan bagaimana hal itu berdampak pada pembelajaran siswa.

Metode

Analisis bibliometrik melakukan banyak hal, seperti mendapatkan gambaran umum satu langkah, menemukan celah pengetahuan, meletakkan kontribusi yang diharapkan pada bidang tersebut, dan mendapatkan gagasan baru untuk penyelidikan. Menurut beberapa literatur, ada lima tahap yang harus dilalui untuk melakukan studi analisis bibliometrik: 1) menentukan kata kunci pencarian; 2) memulai hasil pencarian; 3) memperbaiki hasil pencarian; 4) menyusun statistik data awal; dan 5) menganalisis data.

Dengan menggunakan kombinasi kata kunci, seperti "*Artificial Intelligence in Biology Education*", dapat menemukan dokumen dalam pencarian. *Scopus* adalah salah satu database ilmiah terbaik yang memiliki banyak dokumen berkualitas tinggi, jadi digunakan untuk mencari dokumen. Pertama, pilih bagian dokumen untuk menulis kata kunci pada bagian "cari dokumen". Kemudian, pilih format "artikel, abstrak, kata kunci" pada bagian "cari di dalam" untuk mendapatkan lebih banyak dokumen 2003–2024 diterbitkan. Dokumen-dokumen ini ditulis dalam bahasa Inggris, Cina, Spanyol, dan Ukraina, dan terdiri dari artikel, makalah, ulasan, tinjauan, bab buku, dan surat. Banyak dokumen yang tidak memiliki judul yang terdiri dari kata kunci kombinasional, seperti "*Artificial Intelligence in Biology Education*"

Untuk memilih dokumen, beberapa kriteria inklusi ditetapkan. Kriteria tersebut adalah sebagai berikut: 1) dokumen diterbitkan dari tahun 2003 hingga 2024; 2) ditulis dalam bahasa Inggris; dan 3) berjenis artikel. Proses untuk memilih dokumen yang tidak memenuhi kriteria inklusi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Proses Pemilahan Dokumen

Skrining Pencarian	Jumlah Dokumen	Total Dokumen yang Tersisa (n=249)
Tidak dari tahun 2003-2024	7	242
Tidak dalam bahasa selain Inggris	10	232
Bukan dari tipe Artikel	140	92

Sebagai konsekuensi dari pemilihan dokumen, terdapat 92 dokumen yang tersisa untuk diekstrak dalam statistik data awal. Perbedaan antara pencarian awal dan pencarian perbaikan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Antara Pencarian Awal Dan Penyempurnaan Pencarian

Matriks Data	Pencarian Awal	Penyempurnaan Pencarian
Pengumpulan Data	12 Juli 2024	12 Juli 2024

Kemunculan "*Artificial Intelligence*" sebagai salah satu kata kunci utama mencerminkan pesatnya perkembangan dan pengaruh teknologi AI di berbagai bidang. Menandakan meningkatnya penelitian tentang potensi dan implikasi AI dalam berbagai konteks, dari otomatisasi industri hingga pengambilan keputusan medis.

Kehadiran "*Human*" di antara kata kunci yang paling sering muncul menekankan fokus yang berkelanjutan pada aspek manusia dalam penelitian. Mencakup studi tentang interaksi manusia-komputer, dampak teknologi pada masyarakat, atau pertimbangan etis seputar kemajuan teknologi.

"*Biology*" sebagai kata kunci utama ketiga menunjukkan pentingnya ilmu hayat dalam lanskap penelitian saat ini. Mencakup berbagai topik, mulai dari bioteknologi dan rekayasa genetika hingga aplikasi *Artificial Intelligence* (AI) dalam penelitian biologi dan pengembangan obat.

Kombinasi ketiga kata kunci ini menggambarkan tren penelitian yang menarik, di mana kecerdasan buatan, manusia, dan biologi saling bersinggungan. Hal ini dapat menandakan munculnya bidang-bidang penelitian interdisipliner yang mengeksplorasi bagaimana *Artificial Intelligence* (AI) dapat diterapkan dalam ilmu hayat, bagaimana teknologi mempengaruhi aspek biologis manusia, atau bagaimana pemahaman kita tentang biologi dapat menginformasikan pengembangan AI yang lebih canggih.

Temuan ini menyoroti sifat yang semakin terintegrasi dari penelitian modern, di mana batas-batas antara disiplin ilmu menjadi semakin kabur. Hal ini juga menunjukkan potensi kolaborasi yang menarik antara ahli biologi, ilmuwan komputer, dan peneliti ilmu sosial dalam mengatasi tantangan kompleks di persimpangan teknologi dan kehidupan.

Sistem pembelajaran, yang merupakan inti dari kecerdasan buatan modern, telah lama mengambil inspirasi dari proses biologis. Otak manusia, dengan kemampuannya untuk belajar dan beradaptasi, telah menjadi model utama dalam pengembangan algoritma pembelajaran mesin. Jaringan saraf tiruan, misalnya, meniru struktur dan fungsi jaringan neuron dalam otak, memungkinkan komputer untuk "belajar" dari data dengan cara yang mirip dengan manusia.

Biologi, di sisi lain, telah mendapat manfaat besar dari penerapan sistem pembelajaran dan kecerdasan buatan. Analisis data genomik skala besar, yang dulunya memakan waktu bertahun-tahun, kini dapat dilakukan dalam hitungan hari berkat algoritma *Artificial Intelligence* (AI) yang canggih (Zou *et al*, 2019). Prediksi struktur protein, yang sangat penting dalam pengembangan obat, telah mengalami revolusi dengan penggunaan deep learning (Senior *et al*, 2020). Bahkan dalam bidang ekologi, AI digunakan untuk memantau populasi hewan dan menganalisis pola perilaku kompleks (Christin *et al*, 2019).

Kecerdasan buatan, yang menggabungkan sistem pembelajaran dengan kapasitas komputasi yang luar biasa, telah menjadi alat yang tak ternilai dalam penelitian biologi. Memodelkan sistem biologis kompleks (Alber *et al*, 2019) hingga merancang organisme sintetis (Callaway, 2020), *Artificial Intelligence* (AI) membuka kemungkinan yang sebelumnya tidak terbayangkan. Memunculkan pertanyaan etis yang menantang, seperti batas-batas manipulasi genetik dan implikasi menciptakan sistem AI yang semakin mirip dengan sistem biologis (Müller, 2020).

Persinggungan ketiga bidang ini juga telah melahirkan disiplin ilmu baru. Bioinformatika, yang menggabungkan biologi dengan ilmu komputer, kini menjadi bidang

Algoritma pembelajaran mesin dapat menganalisis pola belajar individual siswa, mengidentifikasi area yang membutuhkan perhatian khusus, dan menyesuaikan materi pembelajaran secara real-time. Hal ini dapat menghasilkan pengalaman belajar yang lebih efektif dan melibatkan bagi siswa biologi di semua tingkatan.

Grasser *et al.* (2014) dalam penelitian mereka mengeksplorasi potensi integrasi komputasi afektif dalam pembelajaran mendalam, termasuk aplikasinya dalam pendidikan biologi. Komputasi afektif, yang merupakan cabang *Artificial Intelligence* (AI) yang berfokus pada pengenalan dan simulasi emosi manusia, dapat memainkan peran penting dalam menciptakan lingkungan belajar yang lebih responsif dan adaptif. Dalam konteks pembelajaran biologi, teknologi ini dapat membantu mengidentifikasi tingkat keterlibatan dan pemahaman siswa, memungkinkan penyesuaian materi pembelajaran secara real-time untuk mengoptimalkan proses belajar.

Premsky (2001) dalam bukunya membahas potensi penggunaan permainan digital berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran, termasuk aplikasinya dalam pendidikan sains. Permainan digital berbasis AI dapat menyajikan konsep-konsep biologi yang kompleks dalam format yang lebih menarik dan interaktif. Misalnya, siswa dapat berinteraksi dengan simulasi ekosistem yang dinamis atau menjelajahi struktur sel dalam lingkungan virtual 3D. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan engagement siswa, tetapi juga membantu visualisasi konsep-konsep abstrak yang sering kali sulit dipahami melalui metode pengajaran konvensional.

Pengembangan dan implementasi sistem pembelajaran berbasis *Artificial Intelligence* (AI) juga menghadirkan tantangan tersendiri. Baker (2016) dalam artikelnya membahas tantangan dan peluang dalam pengembangan sistem tutorial cerdas untuk pendidikan, termasuk dalam konteks pembelajaran biologi. Salah satu tantangan utama adalah memastikan bahwa sistem AI dapat secara akurat menilai pemahaman konseptual siswa dan memberikan umpan balik yang bermakna. Ada kekhawatiran tentang potensi *over-reliance* pada teknologi dan berkurangnya interaksi manusia dalam proses pembelajaran.

Potensi *Artificial Intelligence* (AI) dalam mentransformasi pendidikan biologi sangat menjanjikan. Kemampuannya untuk menciptakan pengalaman belajar yang personal dan adaptif, AI dapat membantu menjembatani kesenjangan dalam pemahaman individu dan gaya belajar yang berbeda. Sistem berbasis AI dapat menganalisis pola belajar siswa, mengidentifikasi area yang membutuhkan penguatan, dan menyesuaikan materi pembelajaran sesuai kebutuhan masing-masing siswa.

Integrasi *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan biologi juga membuka peluang untuk pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Melalui simulasi kompleks dan skenario *problem-solving*, siswa dapat dilatih untuk menganalisis data, membuat hipotesis, dan merancang eksperimen virtual. Hal ini tidak hanya meningkatkan pemahaman mereka tentang konsep-konsep biologi, tetapi juga mempersiapkan mereka untuk tantangan penelitian di masa depan.

Penting untuk diingat bahwa *Artificial Intelligence* (AI) seharusnya berfungsi sebagai alat untuk mendukung, bukan menggantikan, peran guru. Interaksi manusia tetap menjadi komponen kritis dalam proses pendidikan, terutama dalam mengembangkan keterampilan sosial dan emosional siswa. Pendekatan yang seimbang, yang mengintegrasikan kekuatan AI dengan keahlian pedagogis guru, mungkin merupakan jalan terbaik ke depan.

Integrasi *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan biologi menawarkan potensi besar untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas pembelajaran (Popenici & Kerr, 2017). Komputasi afektif hingga permainan digital dan sistem tutorial cerdas, AI dapat membantu menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal, interaktif, dan mendalam (Drigas & Ioannidou, 2013). Implementasi teknologi ini juga memerlukan pertimbangan cermat terhadap tantangan etis dan pedagogis yang mungkin muncul (Williamson, 2019). Pendekatan yang hati-hati dan seimbang, AI dapat menjadi alat yang powerful dalam mentransformasi cara kita mengajar dan belajar biologi, mempersiapkan generasi mendatang untuk memahami dan mengatasi kompleksitas kehidupan dengan lebih baik (Zhai *et al*, 2021).

Lebih jauh lagi, integrasi *Artificial Intelligence* (AI) ke dalam pendidikan biologi dapat membuka pintu bagi metode penelitian baru. Misalnya, AI dapat digunakan untuk menganalisis set data biologis yang besar, membantu siswa memahami konsep analisis data kompleks dan bioinformatika sejak dini (Holstein *et al*, 2019). Tidak hanya akan mempersiapkan mereka untuk karir di bidang biologi modern, tetapi juga akan memupuk pemikiran komputasional yang kritis dalam konteks ilmu hayat.

Mengisi kesenjangan penelitian ini juga menghadirkan tantangan. Diperlukan kolaborasi erat antara ahli biologi, pendidik, dan ilmuwan komputer untuk mengembangkan solusi *Artificial Intelligence* (AI) yang benar-benar efektif dan relevan untuk pendidikan biologi (Zawacki-Richter *et al*, 2019). Pertimbangan etis seputar penggunaan AI dalam pendidikan, seperti privasi data siswa dan keadilan akses, perlu dipertimbangkan dengan cermat (Williamson, 2019).

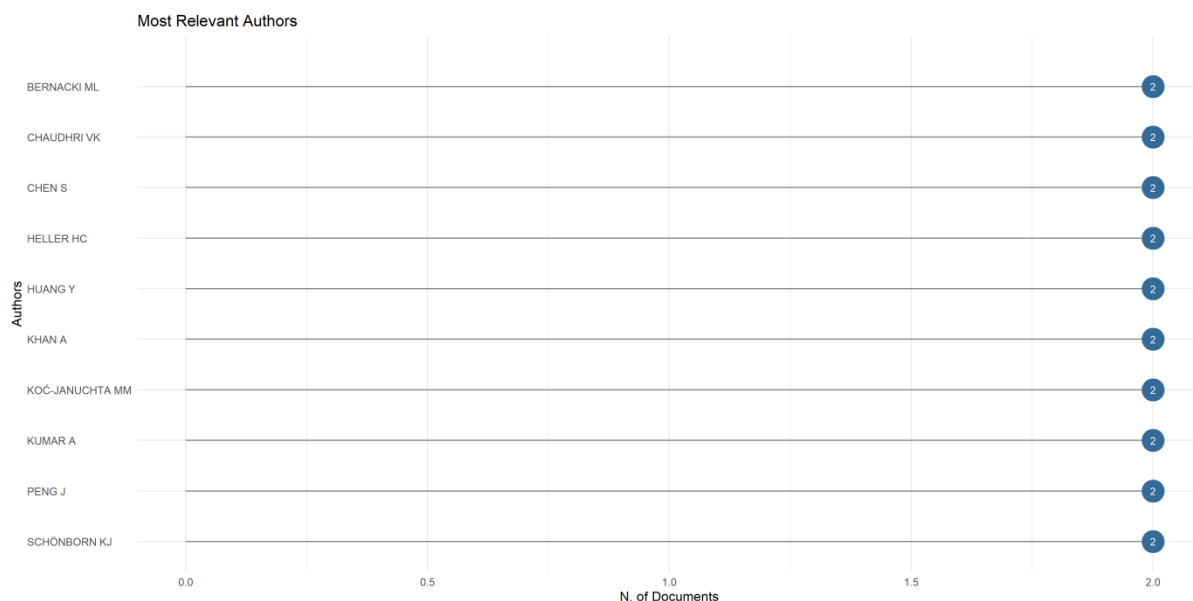
Visualisasi kepadatan kata kunci ini telah mengungkapkan peluang yang menarik untuk penelitian di persimpangan *Artificial Intelligence* (AI), pendidikan biologi, dan pengembangan kurikulum. Mengisi kesenjangan ini, kita memiliki potensi untuk merevolusi cara biologi diajarkan dan dipelajari, mempersiapkan generasi berikutnya dari ilmuwan biologi untuk menghadapi tantangan kompleks di era AI. Penelitian di area ini tidak hanya akan memajukan bidang pendidikan biologi, tetapi juga dapat memberikan wawasan berharga tentang bagaimana AI dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam pendidikan sains secara umum.

Analisis Co-Author Artificial Intelligence Dalam Artikel Pendidikan Biologi Pada Rentang Tahun 2003-2024

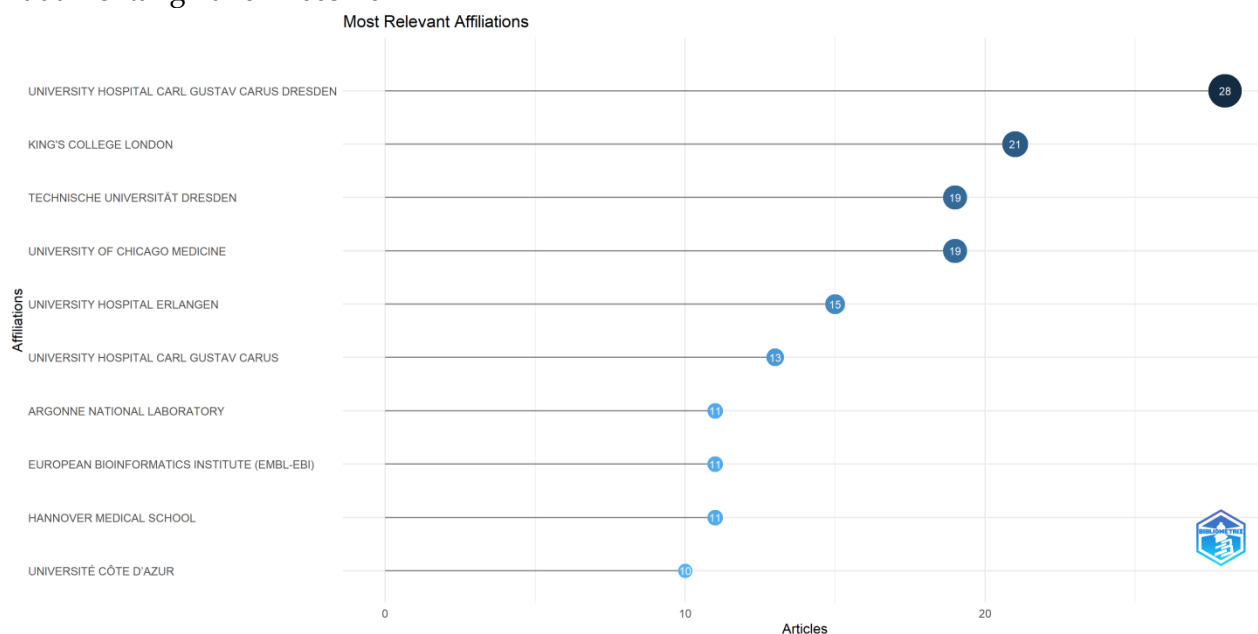
Penelitian tentang *Artificial Intelligence* (AI) dalam konteks pendidikan biologi selama periode 2003-2024 telah menghasilkan wawasan berharga tentang kontribusi para peneliti di bidang ini. Analisis bibliometrik menunjukkan bahwa ada 10 penulis yang menonjol, masing-masing berkontribusi dengan dua dokumen selama rentang waktu tersebut. Para penulis ini adalah Bernacki ML, Chaudri VK, Chen S, Heller HC, Huang Y, Khan A, Koć-januchta MM, Kumar A, Peng J, dan Schönborn KJ.

Keberadaan sejumlah penulis dengan kontribusi yang setara ini menunjukkan beberapa hal menarik tentang lanskap penelitian *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan biologi. Pertama, hal ini menggambarkan keragaman minat dan keahlian dalam bidang ini. Masing-masing penulis kemungkinan membawa perspektif unik mereka, mulai dari kecerdasan buatan dan ilmu komputer hingga biologi dan ilmu pendidikan. Menariknya, tidak ada penulis tunggal yang mendominasi dalam hal jumlah publikasi, yang mungkin

menandakan bahwa bidang ini masih dalam tahap perkembangan. Hal ini bisa jadi membuka peluang untuk kolaborasi lebih lanjut dan pertukaran ide antar peneliti.



Gambar 3. Author Paling Relevan *Artificial Intelligence* Dalam Artikel Pendidikan Biologi Pada Rentang Tahun 2003-2024

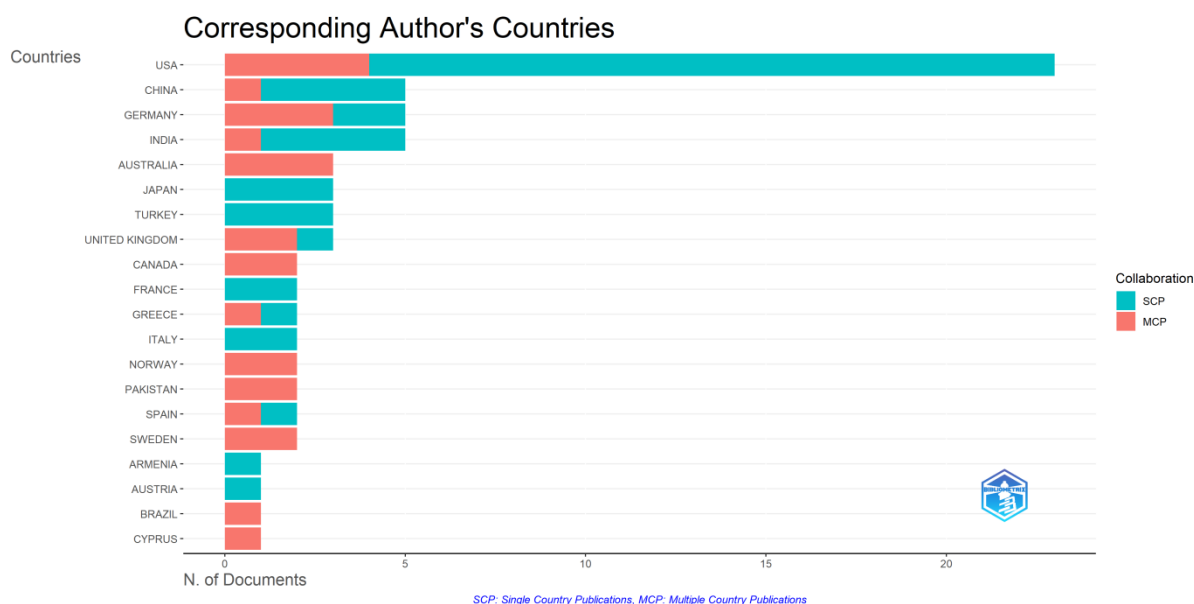


Gambar 4. Afiliasi Paling Relevan *Artificial Intelligence* Dalam Artikel Pendidikan Biologi Pada Rentang Tahun 2003-2024

Afiliasi paling relevan dalam bidang Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) untuk artikel pendidikan biologi pada rentang tahun 2003-2024 adalah sebagai berikut: Afiliasi dengan jumlah publikasi artikel tertinggi pertama adalah University Hospital Carl Gustav Carus Dresden dengan 28 artikel. Afiliasi dengan jumlah publikasi artikel tertinggi kedua adalah King's College London dengan 21 artikel. Dua afiliasi yang berbagi posisi ketiga dengan jumlah publikasi artikel tertinggi adalah Technische Universität Dresden dan University of Chicago Medicine, masing-masing dengan 19 artikel.

Dominasi institusi-institusi ini dalam publikasi ilmiah mengenai *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan biologi mencerminkan tren global menuju digitalisasi dan personalisasi pembelajaran. Penggunaan AI memungkinkan pengembangan sistem tutoring yang adaptif, simulasi interaktif, dan alat visualisasi canggih yang dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa secara signifikan.

Kontribusi dari institusi-institusi terkemuka ini tidak hanya memperkaya literatur ilmiah, tetapi juga membuka jalan bagi inovasi lebih lanjut dalam pendidikan biologi. Seiring berjalannya waktu, dapat diharapkan bahwa penerapan *Artificial Intelligence* (AI) akan semakin meluas, membawa perubahan paradigma dalam cara kita mengajar dan belajar biologi di semua tingkat pendidikan.



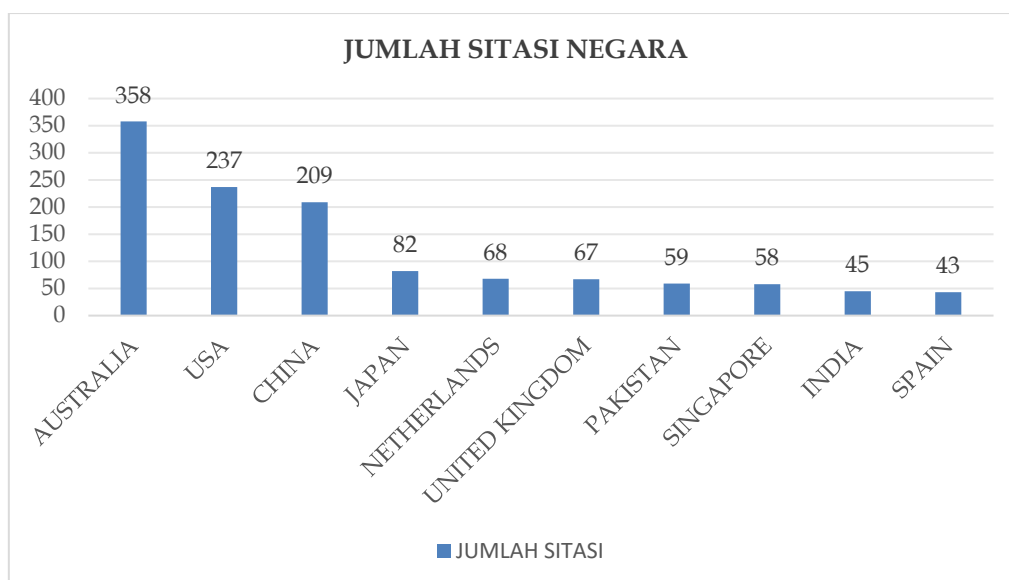
Gambar 5. Negara Author Koresponden *Artificial Intelligence* Dalam Artikel Pendidikan Biologi Pada Rentang Tahun 2003-2024

Tabel 3. Daftar Negara Author Koresponden *Artificial Intelligence* Dalam Artikel Pendidikan Biologi Pada Rentang Tahun 2003-2024

NEGARA	Artikel	SCP	MCP	FreK	Rasio MCP
USA	23	19	4	0,25	0,174
CHINA	5	4	1	0,054	0,2
INDIA	5	4	1	0,054	0,2
JAPAN	3	3	0	0,033	0
TURKEY	3	3	0	0,033	0
GERMANY	5	2	3	0,054	0,6
FRANCE	2	2	0	0,022	0
ITALY	2	2	0	0,022	0
UNITED KINGDOM	3	1	2	0,033	0,667
GREECE	2	1	1	0,022	0,5

Daftar negara penulis korespondensi dalam bidang Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) untuk artikel pendidikan biologi pada rentang tahun 2003-2024 adalah sebagai berikut: Negara dengan jumlah publikasi tertinggi pertama adalah Amerika Serikat (USA) dengan total 23 artikel, yang terdiri dari 19 artikel *Single Country Publication* (SCP) dan 4 artikel *Multiple Country Publication* (MCP). Negara dengan jumlah publikasi tertinggi kedua adalah China dan India, masing-masing dengan 5 artikel, yang terdiri dari 4 artikel SCP dan 1 artikel MCP. Negara dengan jumlah publikasi tertinggi ketiga adalah Jepang dan Turki, masing-masing dengan 3 artikel, yang semuanya termasuk dalam kategori *Single Country Publication* (SCP).

Pola publikasi ini mengungkap beberapa wawasan penting. Pertama, dominasi Amerika Serikat menunjukkan investasi besar negara tersebut dalam penelitian dan pengembangan *Artificial Intelligence* (AI) untuk pendidikan. Kedua, munculnya China dan India sebagai kontributor utama mencerminkan pergeseran global dalam lanskap penelitian ilmiah. Ketiga, variasi antara SCP dan MCP di berbagai negara menggambarkan tingkat internasionalisasi yang berbeda dalam komunitas penelitian mereka.



Gambar 6. Jumlah Sitasi Negara *Artificial Intelligence* Dalam Artikel Pendidikan Biologi Pada Rentang Tahun 2003-2024

Jumlah sitasi yang diperoleh dalam bidang Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) untuk artikel pendidikan biologi pada rentang tahun 2003-2024 adalah sebagai berikut: Australia menjadi negara dengan jumlah sitasi tertinggi pertama, mencapai total 348 sitasi. Amerika Serikat (USA) menempati posisi kedua dengan total 237 sitasi, sementara China berada di posisi ketiga dengan total 209 sitasi.

Pola sitasi ini mengungkap beberapa wawasan penting tentang lanskap global penelitian *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan biologi. Pertama, hal ini menunjukkan bahwa dampak penelitian tidak selalu berkorelasi langsung dengan jumlah publikasi. Australia, misalnya, mungkin menghasilkan lebih sedikit artikel tetapi dengan dampak yang lebih besar per publikasi.

Kedua, distribusi sitasi ini menggambarkan sifat global dari penelitian *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan biologi. Tiga negara ini memimpin dalam hal sitasi, kontribusi dari negara-negara lain tidak boleh diabaikan. Hal ini menunjukkan bahwa inovasi dalam bidang ini muncul dari berbagai konteks geografis dan budaya, memperkaya pemahaman global tentang bagaimana AI dapat meningkatkan pendidikan biologi.

Analisis Co-Occurrence Artificial Intelligence Dalam Artikel Pendidikan Biologi Pada Rentang Tahun 2003-2024

Tabel 4. Top 10 Artikel Bidang *Artificial Intelligence* Dalam Artikel Pendidikan Biologi Pada Rentang Tahun 2003-2024

ARTIKEL	DOI	JUMLAH SITASI
CAETANO TS, 2009, IEEE TRANS PATTERN ANAL MACH INTELL	10.1109/TPAMI.2009.28	331
ZHOU X, 2010, ARTIF INTELL MED	10.1016/j.artmed.2009.07.012	181
DOMINGOS P, 2009, SYNTH LECT ARTIF INTELL MACH LEARN	10.2200/S00206ED1V01Y200907AIM007	124
DE RIDDER D, 2013, BRIEF BIO INFORMATICS	10.1093/bib/bbt020	68
TAN TZ, 2008, ARTIF INTELL MED	10.1016/j.artmed.2008.04.003	58
SHIMIZU H, 2019, EBIOMICINE	10.1016/j.ebiom.2019.07.046	46
HAUDEK KC, 2011, CBE LIFE SCI EDUC	10.1187/cbe.11-03-0019	42
ZHANG B, 2005, BMC GENOMICS	10.1186/1471-2164-14-S8-S1	39
PARANJAPE K, 2020, IEEE J BIOMEDICAL HEALTH INFORMATION	10.1109/JBHI.2020.2970807	37
UEMURA M, 2018, COMP MATH METHODS MED	10.1155/2018/9873273	35

Artikel dengan sitasi tertinggi dalam bidang Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) untuk pendidikan biologi pada rentang tahun 2003-2024 adalah sebagai berikut: Peringkat pertama ditempati oleh karya Caetano TS yang dipublikasikan pada tahun 2009 di *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* dengan jumlah 331 sitasi. Peringkat kedua adalah karya Zhou X, yang dipublikasikan pada tahun 2010 di *Artificial Intelligence in Medicine*, juga dengan 181 sitasi. Peringkat ketiga ditempati oleh karya Domingos P yang dipublikasikan pada tahun 2009 di *Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning* dengan total 124 sitasi.

Pola sitasi ini mengungkapkan beberapa wawasan menarik. Pertama, tahun 2009-2010 tampaknya menjadi periode yang sangat produktif dan berpengaruh dalam penelitian *Artificial Intelligence* (AI) untuk pendidikan biologi. Mencerminkan titik balik dalam teknologi AI atau peningkatan kesadaran akan potensinya dalam konteks pendidikan.

Kedua, keragaman jurnal tempat karya-karya ini dipublikasikan - dari analisis pola dan pembelajaran mesin hingga aplikasi medis - menunjukkan sifat interdisipliner dari penelitian ini. Hal ini menegaskan bahwa kemajuan dalam pendidikan biologi berbasis AI membutuhkan kolaborasi lintas berbagai bidang keahlian.

Ketiga, meskipun karya-karya ini dipublikasikan lebih dari satu dekade yang lalu, dampak berkelanjutan mereka, yang tercermin dalam jumlah sitasi yang tinggi, menunjukkan bahwa mereka telah meletakkan dasar yang kuat untuk penelitian selanjutnya. Menggambarkan sifat kumulatif dari kemajuan ilmiah dalam bidang ini.

Artikel-artikel tersebut menunjukkan perkembangan signifikan dalam penerapan kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin (*machine learning*) di bidang kesehatan dan bioinformatika. Penelitian-penelitian ini mengungkapkan bagaimana teknologi AI dapat dimanfaatkan untuk menganalisis data genomik (Zhang *et al*, 2005), meningkatkan diagnosis penyakit (Tan *et al*, 2008), dan membantu pengambilan keputusan klinis. Kemajuan ini terutama terlihat dalam karya Paranjape *et al*. (2020) dan Shimizu *et al*. (2019) yang mendemonstrasikan bagaimana sistem AI dapat mengintegrasikan berbagai sumber data medis untuk memberikan wawasan yang lebih komprehensif dalam perawatan kesehatan.

Implikasi lebih lanjut dari penelitian-penelitian ini mengarah pada transformasi fundamental dalam pendidikan medis dan praktik klinis, seperti yang dibahas dalam karya Uemura *et al*. (2018). Penggunaan Artificial Intelligence (AI) tidak hanya meningkatkan akurasi diagnosis dan prediksi hasil pengobatan (Zhou *et al*, 2010), tetapi juga membuka jalan bagi pendekatan yang lebih personal dalam perawatan pasien. Namun, penelitian-penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya mempertimbangkan tantangan teknis dan etis dalam implementasi teknologi AI di bidang kesehatan termasuk kebutuhan akan validasi yang ketat dan perlindungan privasi data pasien.

Dalam konteks pembelajaran biologi, penerapan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) telah membawa perubahan substansial dalam cara siswa memahami konsep-konsep kompleks dalam biologi molekuler dan genetika. Sistem pembelajaran berbasis AI dapat memvisualisasikan proses-proses biologis yang kompleks, memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan model molekuler secara virtual, dan menyediakan umpan balik yang personal berdasarkan pola pembelajaran individual. Integrasi data genomik dan analisis bioinformatika dalam kurikulum pembelajaran juga membantu siswa mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara struktur genetik dan fungsi biologis.

Implementasi *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran biologi mendorong pengembangan keterampilan analitis dan pemecahan masalah yang kritis bagi siswa. Penggunaan sistem penilaian otomatis berbasis AI memungkinkan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap pemahaman konseptual siswa dan kemampuan mereka dalam mengaplikasikan pengetahuan biologis. Pendekatan pembelajaran yang diperkaya dengan AI ini juga mempersiapkan siswa untuk masa depan di mana teknologi AI akan semakin terintegrasi dalam penelitian biologis dan praktik medis (Paranjape *et al*, 2020), memberikan mereka keunggulan kompetitif dalam karir di bidang ilmu hayati.

Implikasi lebih lanjut dari penelitian-penelitian ini mengarah pada transformasi fundamental dalam pendidikan medis dan praktik klinis, seperti yang dibahas dalam karya Haudek *et al*. (2011) dan Uemura *et al*. (2018). Penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) tidak

hanya meningkatkan akurasi diagnosis dan prediksi hasil pengobatan (Zhou *et al*, 2010), tetapi juga membuka jalan bagi pendekatan yang lebih personal dalam perawatan pasien. Namun, penelitian-penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya mempertimbangkan tantangan teknis dan etis dalam implementasi teknologi AI di bidang kesehatan termasuk kebutuhan akan validasi yang ketat dan perlindungan privasi data pasien.

Dalam konteks pembelajaran biologi, penerapan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) telah membawa perubahan substansial dalam cara siswa memahami konsep-konsep kompleks dalam biologi molekuler dan genetika (Haudek *et al*, 2011). Sistem pembelajaran berbasis AI dapat memvisualisasikan proses-proses biologis yang kompleks, memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan model molekuler secara virtual, dan menyediakan umpan balik yang personal berdasarkan pola pembelajaran individual. Integrasi data genomik dan analisis bioinformatika dalam kurikulum pembelajaran (Zhang *et al*, 2013) juga membantu siswa mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara struktur genetik dan fungsi biologis.

Implementasi *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran biologi mendorong pengembangan keterampilan analitis dan pemecahan masalah yang kritis bagi siswa. Seperti yang ditunjukkan dalam penelitian Haudek *et al*. (2011), penggunaan sistem penilaian otomatis berbasis AI memungkinkan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap pemahaman konseptual siswa dan kemampuan mereka dalam mengaplikasikan pengetahuan biologis. Pendekatan pembelajaran yang diperkaya dengan AI ini juga mempersiapkan siswa untuk masa depan di mana teknologi AI akan semakin terintegrasi dalam penelitian biologis dan praktik medis (Paranjape *et al*, 2020), memberikan mereka keunggulan kompetitif dalam karir di bidang ilmu hayati.

Kesimpulan

Analisis bibliometrik terhadap literatur penelitian tentang penerapan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan biologi selama periode 2003-2024 menunjukkan perkembangan yang signifikan. Penggunaan AI telah berevolusi dari simulasi sederhana menjadi sistem pembelajaran adaptif yang kompleks, mengubah cara kita mengajar dan belajar biologi. Meskipun terdapat tantangan, potensi AI dalam meningkatkan pemahaman konsep-konsep biologi dan personalisasi pembelajaran sangat menjanjikan. Integrasi AI dalam pendidikan biologi diprediksi akan terus meningkat, namun perlu diimbangi dengan pertimbangan etis dan sosial untuk memastikan manfaatnya dapat dirasakan oleh semua.

Daftar Pustaka

- Alber M, Tepole BA, Cannon WR, De S, Dura-Bernal S, Garikipati K, Karniadakis G, Lytton WW, Perdikaris P, Petzold L, dan Kuhl E. 2019. Integrating Machine Learning and Multiscale Modeling—Perspectives, Challenges, and Opportunities in The Biological, Biomedical, and Behavioral Sciences. *NPJ Digital Medicine*; 2(1): 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0193-y>
- Alfin, J. (2018). Membangun Budaya Literasi Dalam Pembelajaran Bahasa Indonesia Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0. *PENTAS : Jurnal Ilmiah Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*; 4(2): 60-66. Retrieved from <https://e-jurnal.unisda.ac.id/index.php/pentas/article/view/1846>
- Amir MF dan Sartika SB. 2018. *Buku Ajar Metodologi Penelitian Dasar Bidang Pendidikan*. UMSIDA Press: Sidoarjo.

- Arini NM dan Wiguna IBAA. 2021. Hambatan dan Kendala Dalam Pelaksanaan Pembelajaran Daring Pasca COVID-19. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*; 4(3): 343-357. <https://doi.org/10.37329/cetta.v4i3.1356>
- Baker RS. 2016. Stupid Tutoring Systems, Intelligent Humans. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*; 26(2): 600-614. DOI 10.1007/s40593-016-0105-0
- Batubara MH. 2020. Penerapan Teknologi *Artificial Intelligence* Dalam Proses Belajar Mengajar Di Era Industri 4.0 Dan Society 5.0. In Muchamad MK, Gani TA dan Wahyuni P. *Kampus Merdeka : Menilik Kesiapan Teknologi dalam Sistem Kampus*. Syiah Kuala University Press: Banda Aceh
- Bedau MA, Parke EC, Tangen U dan Hantsche-Tangen B. 2009. Social and Ethical Checkpoints For Bottom-Up Synthetic Biology, or Protocells. *Syst Synth Biol*; 3(1): 65-75. <https://doi.org/10.1186/s12910-018-0293-2>
- Callaway E. 2020. 'It will change everything': DeepMind's AI makes a Gigantic Leap in Solving Protein Structures. *Nature*; 588(7837): 203-204. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-03348-4>
- Christin S, Hervet É dan Lecomte N. 2019. Applications for Deep Learning in Ecology. *Methods in Ecology and Evolution*; 10(10): 1632-1644. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13256>
- Dempere J, Modugu K, Hesham A dan Ramasamy LK. 2023. The Impact of Chatgpt on Higher Education. *Frontiers In Education*; 8(1206936): 1-13. <https://Doi.Org/10.3389/Feduc.2023.1206936>
- Diantama S. 2023. Pemanfaatan *Artificial Intellegent* (AI) Dalam Dunia Pendidikan. *Jurnal Teknologi Pendidikan*; 1(1): 8-14. DOI:10.61434/dewantech.v1i1.8
- Drigas AS dan Ioannidou RE. 2013. *ICTs in Special Education: A review, Information Systems, E-learning, and Knowledge Management Research* (pp. 357-364). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35879-1_43
- Faiz A dan Kurniawaty I. 2023. Tantangan Penggunaan Chatgpt Dalam Pendidikan Ditinjau Dari Sudut Pandang Moral. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*; 5(1): 456-463. <https://Doi.Org/10.31004/Edukatif.V5i1.4779>
- Farid I, Reksoprodjo HA dan Suhirwan. 2023. Pemanfaatan *Artificial Intelligence* Dalam Pertahanan Siber. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*; 10(2): 779-788. DOI : 10.31604/jips.v10i2.2023.779-788
- Grasser AC dan D'Mello SK. 2014. *Theoretical Perspectives on Effect and Deep Learning*. The Oxford Handbook of Affective Computing (pp. 252-272). Oxford University Press.
- Harahap NJ. 2019. Mahasiswa dan Revolusi Industri 4.0. *Ecobisma (Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Manajemen)*; 6(1): 70-78. <https://doi.org/10.36987/ecobi.v6i1.38>
- Holstein K, McLaren BM, dan Aleven V. 2019. Co-Designing a Real-Time Classroom Orchestration Tool to Support Teacher-AI Complementarity. *Journal of Learning Analytics*; 6(2): 27-52. <https://doi.org/10.18608/jla.2019.62.3>
- Montenegro-Rueda M, Fernández-Cerero J, Fernández-Batanero JM dan López-Meneses E. 2023. Impact of the Implementation of Chatgpt in Education: A Systematic Review. In *Computers* (Vol. 12, Issue 8). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (Mdpi). <https://Doi.Org/10.3390/Computers12080153>
- Müller VC. 2020. Ethics of Artificial Intelligence and Robotics. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/fall2020/entries/ethics-ai/>
- Mustari M. 2014. *Manajemen Pendidikan*. PT. RajaGrafindo Persada: Depok.
- Oktaviyana A. 2023. *Analisis dan Pengembangan Sistem Informasi Manajemen* (1st ed., Vol. 1). Circle Archive. <https://circle-archive.com/index.php/carc>
- Paranjape K, Schinkel M, Nannan PR, Car J dan Nanayakkara P. 2020. Introducing Artificial Intelligence Training in Medical Education. *JMIR Medical Education*; 5(2): 1-12. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2020.2970807>
- Popenici SA dan Kerr S. 2017. Exploring the Impact of Artificial Intelligence on Teaching and Learning in Higher Education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*; 12(22): 1-13. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Prensky M. 2001. *Digital Game-Based Learning*. R. R. Donneley & Sons Company: New York.
- Rajalingam S, Kanagamalliga S, Karuppiyah N dan Puoza JC. 2021. Peer Interaction Teaching-Learning Approaches for Effective Engagement of Students in Virtual Classroom. *Journal of Engineering Education Transformations*; 34(0): 425-432. <https://doi.org/10.16920/jeet/2021/v34i0/157191>

- Rifky S, Yani A dan Cahyani D. 2023. Implementasi Manajemen PTKIS Berbasis Pondok Pesantren (Studi di STISHK Kuningan). *Jurnal Manajemen Pendidikan Dasar, Menengah dan Tinggi [JMP-DMT]*; 4(4): 406–411. <https://doi.org/10.30596/jmp-dmt.v4i4.16090>
- Schuman, Catherine & Potok, Thomas & Patton, Robert & Birdwell, J. & Dean, Mark & Rose, Garrett & Plank, James. (2017). A Survey of Neuromorphic Computing and Neural Networks in Hardware. 10.48550/arXiv.1705.06963.
- Senior AW, Evans R, Jumper J, Kirkpatrick J, Sifre L, Green T, Qin C, Žídek A, Nelson AWR, Bridgland A, Penedones H, Petersen S, Simonyan K, Crossan S, Kohli P, Jones DT, Silver D, Kavukcuoglu K dan Hassabis D. 2020. Improved Protein Structure Prediction Using Potentials from Deep Learning. *Nature*; 577(7792): 706-710. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1923-7>
- Shimizu, H., & Nakayama, K. I. (2020). Artificial intelligence in oncology. *Cancer science*, 111(5), 1452–1460. <https://doi.org/10.1111/cas.14377>
- Sidiq R, Najuah N, Lukitoyo PS, Sherin S, Simarmata J. *Strategi Belajar Mengajar Sejarah: Menjadi Guru Sukses*. Yayasan Kita Menulis: Medan.
- Suharmawan W. 2023. Pemanfaatan Chat Gpt Dalam Dunia Pendidikan. *Education Journal : Journal Educational Research and Development*; 7(2): 158–166. <https://doi.org/10.31537/Ej.V7i2.1248>
- Tan TZ, Quek C dan Ng GS. 2008. Biological Brain-Inspired Genetic Complementary Learning for Stock Market and Bank Failure Prediction. *Artificial Intelligence in Medicine*; 42(2): 115-127. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2008.04.003>
- Uemura M, Tomikawa M, Miao T, Souzaki R, Ieiri S, Akahoshi T, Lefor AK dan Hashizume M. 2018. Feasibility of an AI-based Measure of the Hand Motions of Expert and Novice Surgeons. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*; 2018: 1-6. <https://doi.org/10.1155/2018/9873273>
- Williamson B. 2019. New Power Networks in Educational Technology. *Learning, Media and Technology*; 44(4): 395-398. <https://doi.org/10.1080/17439884.2019.1672724>
- Zawacki-Richter O, Marín VI, Bond M dan Gouverneur F. 2019. Systematic Review of Research on Artificial Intelligence Applications in Higher Education - Where Are the Educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*; 16(39): 1-27. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zhai X, Chu X, Chai CS, Jong MSY, Istenic A, Spector M, Liu JB, Yuan J dan Li Y. 2021. A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education From 2010 to 2020. *Complexity*; 2021: 1-18. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- Zhang B, Kirov S dan Snoddy J. 2005. WebGestalt: An Integrated System for Exploring Gene Sets in Various Biological Contexts. *Nucleic Acids Research*; 33(2): 741-748. doi:10.1093/nar/gki475
- Zhou X, Liu KY dan Wong ST. 2010. Cancer Prediction and Prognosis Prediction Using Machine Learning: A review. *Artificial Intelligence in Medicine*; 48(2): 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2009.07.012>
- Zou J, Huss M, Abid A, Mohammadi P, Torkamani A dan Telenti A. 2019. A Primer on Deep Learning in Genomics. *Nature Genetics*; 51(1): 12-18. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0295-5>