



Kajian Literatur Pemanfaatan Teknologi *Artificial Intelligence* untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Siswa dalam Pembelajaran Kimia

Nanda Diah Prastika¹, Dewi Anjarwati¹, Meisya Adelia Salsabila Awaliah¹,
Dimas Hartandi¹, Agung Rahmadani^{1*}, Farah Erika¹

¹Universitas Mulawarman, Samarinda 75123, Indonesia

*Corresponding Author : agungrahmadani@fkip.unmul.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.37905/jjec.v6i1.23644>

Abstrak

Perkembangan teknologi saat ini memberikan banyak perubahan khususnya dalam bidang pendidikan. Adanya perkembangan teknologi, menuntut manusia untuk dapat menyesuaikan kehidupan di zaman ini. Salah satunya dengan memanfaatkan kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran kimia untuk membuka jalan menuju era baru dalam pendidikan ilmu kimia. Kajian literatur dilakukan melalui metode *narrative literature review* untuk mengidentifikasi peran AI pada pembelajaran kimia dalam meningkatkan keterampilan abad 21. Penerapan AI dalam pembelajaran kimia tidak hanya memberikan dampak positif pada keterampilan abad 21, tetapi juga mengubah cara siswa berinteraksi dengan konsep kimia dan membuka peluang baru bagi siswa untuk memahami konsep-konsep kimia secara lebih mendalam melalui media pembelajaran yang ditingkatkan, simulasi interaktif, dan prediksi yang akurat. Penerapan AI telah banyak diterapkan dalam pembelajaran kimia dan menunjukkan hasil yang positif dalam meningkatkan keterampilan abad 21.

Kata kunci: *Artificial Intelligence*; Keterampilan Abad 21; Pembelajaran Kimia

Abstract

Current technological developments provide many changes, especially in the field of education. The development of technology requires humans to be able to adapt to life in this era. One of them is by utilizing artificial intelligence (AI) in chemistry learning to open the way to a new era in chemistry education. Literature review was carried out using the narrative literature review method to identify the role of AI in chemistry learning in improving 21st century skills. The application of AI in chemistry learning not only has a positive impact on 21st century skills, but also changes the way students interact with chemistry concepts and opens up new opportunities for students to understand chemistry concepts in more depth through enhanced learning media, interactive simulations, and predictions accurate. The application of AI has been widely applied in chemistry learning and has shown positive results in improving 21st century skills.

Keywords: *Artificial Intelligence*; 21st Century Skills; Chemistry Learning

The format cites this article in APA style:

Prastika, N. D., Anjarwati, D., Awaliah, M. A. S., Hartandi, D., Rahmadani, A., & Erika, F. (2024). Kajian Literatur Pemanfaatan Teknologi *Artificial Intelligence* Untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Siswa Dalam Pembelajaran Kimia. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 6(1), 47-60. <https://doi.org/10.37905/jjec.v6i1.23644>

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia terus berkembang dengan adanya dukungan dari teknologi. Teknologi saat ini sudah sangat banyak membantu kehidupan manusia. *Artificial Intelligence* (AI) merupakan

teknologi yang saat ini sedang populer karena kecerdasannya yang dapat membantu manusia hampir di berbagai bidang. AI merupakan kecerdasan buatan yang dibuat oleh manusia dengan mengintegrasikan kumpulan data-data di

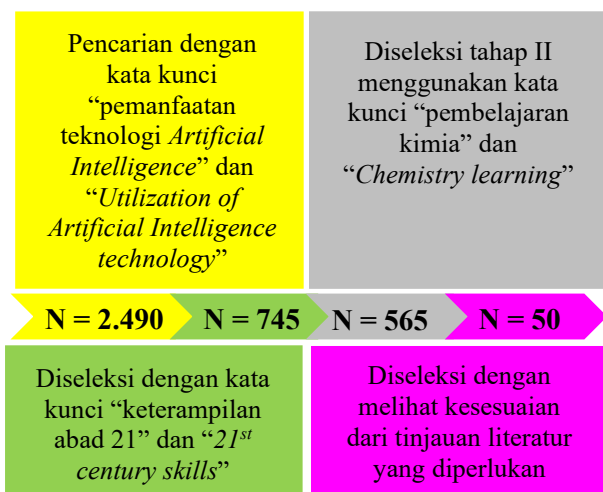
dalamnya. Hadirnya teknologi ini tentunya memberikan dampak baik maupun buruk bagi manusia. Adanya zaman modern ini menuntut manusia untuk beradaptasi terhadap perubahan yang terjadi. Salah satu bidang yang terdampak dengan adanya zaman teknologi ini yaitu, bidang pendidikan. Dunia pendidikan dituntut untuk bisa menghasilkan generasi yang berkualitas dengan memiliki keterampilan-keterampilan yang dapat menjadi bekal bagi manusia untuk menyesuaikan kehidupan saat ini. Maka dari itu, dirancang keterampilan abad 21 agar generasi mampu mengikuti arus perkembangan zaman. Keterampilan abad 21 menjadi fokus utama bagi peningkatan sumber daya manusia mengikuti perkembangan abad 21. Keterampilan abad 21 ini juga menjadi dasar untuk membentuk manusia agar siap terjun di dunia kerja. Nuraeni et al. (2019), menyebutkan pembelajaran kimia berfokus pada keterampilan berpikir kritis karena sangat penting untuk pendidikan di abad ke-21. Pemecahan masalah atau penalaran adalah hasil dari berpikir kritis. Hasil kajian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa dalam ilmu kimia dikategorikan baik. Siswa yang memiliki kemampuan berpikir kritis akan menyelesaikan masalah dengan menggunakan pola pikir analitis.

Kimia merupakan mata pelajaran yang diajarkan mulai dari Sekolah Menengah Atas. Menurut Ristiyani & Bahriah (2016), materi kimia di Sekolah Menengah Atas sederajat melibatkan hitungan, reaksi kimia, dan konsep abstrak. Siswa menganggap materi ini relatif baru sehingga sulit untuk dipahami. Hal itu merupakan salah satu kendala bagi dunia pendidikan untuk mewujudkan generasi yang siap menghadapi abad 21 karena peserta didik yang dihasilkan masih kurang memiliki keterampilan yang sesuai dengan abad 21. Dengan melihat kendala dalam pembelajaran kimia, tentunya pendidik dan pihak yang terlibat mencari berbagai cara untuk mengatasi kesulitan tersebut. Hadirnya teknologi dimanfaatkan kegunaannya untuk membantu dalam pembelajaran kimia. Salah satu peran teknologi dalam membantu dunia pendidikan yaitu penggunaan AI dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan keterampilan abad 21.

Hasil survey kemendikbud pada tahun 2018 menyatakan bahwa hanya 40% guru yang tidak terlibat dalam TIK (yang tidak mengajar TIK) mampu menggunakan teknologi. Hal itu berarti bahwa sebesar 60% guru termasuk guru kimia belum mampu menggunakan teknologi. Kemdikbud juga menyebutkan bahwa hal tersebut menghalangi pendidikan yang sesuai dengan revolusi 4.0. Berdasarkan penelitian terdahulu, diketahui bahwa AI memiliki banyak kegunaan seperti dapat membantu siswa memahami dan meningkatkan pengetahuan tentang kimia, dapat meningkatkan kreativitas siswa dalam menyelesaikan masalah, dan AI yang dikombinasikan dengan *digital storytelling* dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa (Bimantoro & Haryanto, 2016; Tarigan et al., 2023; Tedjawiani et al., 2023). Hal tersebut membuktikan bahwa AI sangat penting dalam dunia pendidikan khususnya dalam pembelajaran kimia. Oleh karena itu, perlu dipaparkan beberapa kajian terkait penggunaan teknologi AI dalam bidang pendidikan kimia agar dapat menjadi model atau rujukan khususnya bagi para praktisi pendidikan dalam bidang kimia.

METODE PENELITIAN

Pada kajian literatur ini menggunakan metode *narrative literature review* yang bertujuan untuk memberikan gambaran umum tentang pemanfaatan *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan keterampilan abad 21. Pencarian artikel dilakukan melalui *website* menggunakan *database Google Scholar* dengan kurun waktu 2013-2023. Pada tahap awal pencarian artikel jurnal diperoleh 2.490 artikel dengan menggunakan kata kunci “pemanfaatan teknologi *artificial intelligence*” dan “*Utilization of artificial intelligence technology*”. Keseluruhan artikel yang diperoleh kemudian disaring dengan kata kunci “keterampilan Abad 21” dan “*21st century skills*” sehingga diperoleh artikel sebanyak 745. Lalu dilakukan penyaringan kembali menggunakan kata kunci “pembelajaran kimia” dan “*Chemistry learning*” diperoleh sebanyak 565 artikel. Selanjutnya didapatkan 50 artikel yang paling relevan dengan subjek pembahasan.



Gambar 1. Diagram alir strategi pencarian data

Analisis data dilakukan dengan mengelompokkan artikel-artikel yang membahas tentang penerapan *Artificial Intelligence* baik yang berhubungan dengan keterampilan abad 21 dalam pembelajaran kimia maupun hasil belajar secara umum. Metadata artikel-artikel tersebut disusun dalam tabel yang meliputi judul artikel, nama penulis, tahun terbit, dan hasil penelitian. Tabel hasil metadata tersebut dikaji dan dianalisis secara mendalam terutama mengenai hasil penelitian yang tersaji pada bagian pembahasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep dasar *Artificial Intelligence*

Di era sekarang, teknologi AI (*Artificial Intelligence*) atau kecerdasan buatan semakin berkembang. Kecerdasan buatan (AI) dapat dijelaskan sebagai kapasitas suatu sistem untuk menginterpretasikan data eksternal dengan akurat, belajar dari informasi tersebut, dan menerapkan pembelajaran tersebut untuk mencapai tujuan dan tugas spesifik dengan adaptasi yang fleksibel (Haenlein & Kaplan, 2019). Menurut Nawi (2019), istilah kecerdasan mengacu pada kemampuan untuk memperoleh dan menerapkan keterampilan dan pengetahuan untuk memecahkan masalah yang dihadapi. Kecerdasan buatan itu sebuah program yang memiliki kemampuan seperti manusia. Dalam dunia yang semakin kompleks dan kompetitif, kecerdasan buatan (AI) menjadi semakin penting. AI dapat membantu menyelesaikan masalah yang

sebelumnya dianggap tidak mungkin dan dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas.

Kecerdasan buatan sering dikaitkan dengan alat untuk meneliti dan memecahkan permasalahan kompleks dalam berbagai permasalahan di sektor bisnis, korporasi, dan pemerintahan. Konsep utama dari kecerdasan buatan adalah menciptakan suatu alat atau mesin yang mampu berpikir seperti manusia (Fauzan, 2020). Untuk dapat berfungsi seperti manusia, komputer harus dilengkapi dengan pengetahuan dan keterampilan penalaran. Pengetahuan dan keterampilan tersebut dapat diperoleh melalui pembelajaran dan pelatihan. Tujuan dari sistem kecerdasan buatan dapat dibagi menjadi empat kategori, yaitu sistem yang mampu berpikir seperti manusia, sistem yang mampu berpikir rasional, sistem yang mampu bertindak seperti manusia, dan sistem yang mampu melakukan tindakan rasional (Susdarwono, 2021). Pemrosesan informasi adalah salah satu fungsi dasar dari kecerdasan. Tanpa kemampuan untuk memproses informasi, kita tidak akan dapat berpikir, belajar, atau mengambil keputusan. Program komputer yang dikembangkan menggunakan kecerdasan buatan (AI) mampu menyaring data dan menjalankan tugas secara mandiri, seperti melakukan komputasi atau pencarian informasi siswa (Ghafar et al., 2023). Fungsi kecerdasan buatan mirip dengan kemampuan pemrosesan informasi manusia, mulai dari menerima, menyimpan, memproses, memutuskan, dan memodifikasi informasi dalam berbagai bentuk. Kecerdasan buatan (AI) juga digunakan pada berbagai macam bidang, khususnya pada bidang pendidikan. Salah satu contohnya dikemukakan oleh Cathrin & Wikandaru (2023) yaitu alat kalkulator yang merupakan salah satu perangkat berbasis AI yang paling sederhana yang digunakan dalam konteks pendidikan. Kalkulator membantu siswa dalam menyelesaikan permasalahan terutama dalam disiplin ilmu eksakta seperti matematika, fisika, dan kimia.

Pemanfaatan *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan keterampilan abad 21.

Dalam pendidikan, kecerdasan buatan digunakan untuk membuat suatu aplikasi

pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik. Dalam pengembangan kurikulum, AI dapat digunakan untuk menyiapkan materi dan menguji kemampuan peserta didik. Dengan memanfaatkan teknologi canggih tersebut, sistem manajemen pendidikan di era 5.0 menjadi lebih adaptis dan memenuhi kebutuhan peserta didik (Khoiriah et al., 2023). Hal ini diharapkan dapat membuka peluang baru untuk mengembangkan pendidikan yang lebih kreatif. Tersedianya berbagai teknologi seperti AI sangat membantu peserta didik dalam belajar. Menurut Putri et al. (2023), penggunaan *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran memberikan pengaruh baik pada efisiensi dan efektivitas pendidikan. Namun, penggunaan AI ini masih memerlukan pertimbangan etis dan peran manusia didalam penggunaannya. Oleh karena itu, manusia juga harus terus maju mengikuti perkembangan yang ada dan mengasah keterampilan yang dimiliki serta melatih keterampilan untuk menghasilkan peserta didik yang lebih berkualitas. Sehingga, manusia dapat menggunakan *Artificial Intelligence* secara bijak dan dapat memaksimalkan pengalaman belajar dan menjadikan masa depan pendidikan yang lebih baik.

Pendidikan saat ini telah mengalami perubahan yang disebabkan oleh adanya tantangan abad 21, yaitu menuntut dunia pendidikan untuk menghasilkan generasi yang berkualitas. Menjadikan manusia sebagai individu yang memiliki keterampilan-keterampilan agar memperoleh kesuksesan dalam kehidupan. Keterampilan inilah yang disebut dengan keterampilan abad 21 seperti kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical-thinking and problem-solving skills*), kemampuan berkomunikasi dan bekerja sama (*communication and collaboration skills*), kemampuan mencipta dan memperbaharui (*creativity and innovation skills*), serta literasi teknologi informasi dan komunikasi (*information and communications technology literacy*) (Wulandari et al., 2022). Keterampilan abad 21 bukanlah keterampilan yang dibawa sejak lahir, melainkan keterampilan yang tercipta dari suatu pengalaman. Oleh karena itu, untuk mengembangkan keterampilan abad 21 diperlukan

suatu perencanaan. Pengembangan keterampilan abad 21 dalam semua pembelajaran wajib untuk dilakukan oleh semua tenaga pendidik, termasuk didalam pembelajaran kimia. Dalam pengembangan keterampilan tidak bisa dilakukan tanpa adanya upaya yang terencana dan sistematis. Pengembangan harus dilakukan secara sengaja dengan membuat suatu rancangan yang sesuai dengan peserta didik di sekolah. Kimia merupakan mata pelajaran yang mempelajari komposisi, struktur, sifat, perubahan, energi, atom serta terkait tentang fenomena yang ada di alam semesta (Andriani et al., 2019). Fenomena tersebut dipelajari berdasarkan teori, konsep dan hukum kimia yang ada lalu dihubungkan dengan tiga tingkatan yaitu makroskopis, mikroskopis dan simbolik (Laliyo et al., 2020). Untuk memudahkan dalam mempelajari semua tingkatan tersebut dibutuhkan pemanfaatan teknologi yang dapat mendukung berlangsungnya pembelajaran.

Kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical-thinking and problem-solving skills*) merupakan suatu kemampuan yang diperlukan seseorang untuk memecahkan masalah mulai dari pembuatan konsep, penerapan, hingga evaluasi (Septikasari & Frasandi, 2018). Penerapan AI untuk meningkatkan keterampilan ini banyak menggunakan fitur-fitur yang sesuai. Penerapan AI banyak digunakan dalam pembelajaran seperti mengeksplorasi, menjelaskan, menguraikan, menilai, memverifikasi, dan memvalidasi apa yang dipelajari dan dipahami. Salah satu penerapan AI dalam bidang pendidikan yaitu menggunakan Chatbot seperti ChatGPT atau AI *generative* lainnya yang digunakan untuk merespon pertanyaan dan memberikan jawaban dalam bentuk teks (Baskoro et al., 2023). Namun, penggunaan ChatGPT ini menimbulkan pro dan kontra terutama terkait plagiarisme. Oleh karena itu, penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran ini hanya dapat digunakan untuk membantu menjelaskan pertanyaan yang ditanyakan dan pengguna tetap memiliki pendapat sendiri terkait hal yang ditanyakan. ChatGPT dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran kimia misalnya pada pembelajaran mandiri, siswa dapat menggali informasi seluas-luasnya melalui ChatGPT karena

dapat memberikan jawaban dari semua pertanyaan dalam bentuk narasi. Akan tetapi, penggunaan *Artificial Intelligence* memiliki kekurangan lain yaitu pada website ChatGPT masih belum bisa menyelesaikan semua pertanyaan kimia. ChatGPT kesulitan memberikan solusi yang berkaitan dengan struktur kimia yang kompleks (Daher et al., 2023). Sementara itu, media *game* juga dapat dijadikan solusi untuk membantu siswa memahami dan meningkatkan pengetahuan tentang kimia. Media *game* digunakan untuk membantu siswa mengenali unsur-unsur kimia yang disebut dengan *game* “*Soil Chemistry*”. Media *game* tersebut memiliki konsep edukasi dalam membantu pembelajaran pengenalan unsur kimia (Bimantoro & Haryanto, 2016). Seiring perkembangan zaman, *game* digabungkan dengan unsur-unsur psikologi atau logika seperti halnya manusia. *Game* dibuat dengan menambahkan tantangan-tantangan didalamnya agar dapat menambah pengalaman bermain dan materi yang disampaikan mudah dipahami serta menambah minat siswa dalam mengikuti pembelajaran. Penggunaan media *game* dalam pembelajaran ini juga dapat meningkatkan keterampilan abad ke-21 khususnya dalam keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Keterampilan tersebut dapat diketahui dengan cara melihat siswa menyelesaikan *game* pada setiap level. Selain itu, AI juga dapat digunakan untuk membantu mengurangi kesalahan eksperimen sehingga mengurangi pengulangan eksperimen dan menghemat biaya (Gómez-Bombarelli et al., 2018). AI dapat digunakan untuk memprediksi suatu percobaan. Salah satu penerapan *artificial intelligence* dalam hal ini yaitu *website Phet Interactive Simulation*. Dimana *website* tersebut dapat memberikan perkiraan hasil apabila percobaan diberi suatu perlakuan. Namun, tidak semua percobaan kimia dapat disimulasikan dalam *website* ini. Beberapa percobaan yang dapat dilakukan seperti larutan asam-basa, molaritas, dan skala pH. Selain membantu pemahaman siswa, adanya penerapan *Artificial Intelligence* dalam simulasi percobaan ini dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan inovasi. Keterampilan-keterampilan ini dapat diasah dengan melakukan percobaan dalam *website Phet* yang disesuaikan dengan pokok bahasan kimia yang

dipelajari. Kombinasi antara *digital storytelling* dan *Artificial Intelligence* juga dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Tarigan et al., 2023). Media ini dikombinasikan dengan cara merancang konsep *digital storytelling* seperti storyboard kemudian software yang digunakan berbasis *artificial intelligence* bernama artflow AI. Pengembangan media ini dapat membantu peserta didik dalam mengembangkan kemampuan dan keterampilan berpikirnya seperti mengidentifikasi masalah, mengevaluasi, menarik kesimpulan, dan mengemukakan pendapat.

Kemampuan berkomunikasi dan bekerja sama (*communication and collaboration skills*) ialah kemampuan yang diperlukan untuk menyampaikan informasi dan berkolaborasi dalam bentuk pesan, ide, maupun gagasan dari satu pihak ke pihak yang lain (Septikasari & Frasandi, 2018). Penggunaan AI dalam pengembangan keterampilan komunikasi sangat meningkatkan hasil positif siswa pada pembelajaran bahasa. Teknologi AI yang digunakan seperti pengenalan suara dan tutor virtual. Aplikasi tersebut terbukti efektif meningkatkan keterampilan berbicara dan pengucapan peserta didik. Program pembelajaran berbasis AI ini memberikan peluang latihan dan pembelajaran yang disesuaikan sehingga menghasilkan peningkatan keterlibatan dan kemahiran bahasa (Rusmiyanto et al., 2023). Sulaeman et al. (2024), mengemukakan bahwa penggunaan teknologi pengoreksi tata bahasa dan ejaan berbasis kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran kimia dapat membantu peserta didik meningkatkan keterampilan menyampaikan informasi, penggunaan bahasa, dan tulisan yang lebih baik karena AI dapat mendeteksi kesalahan ejaan dan tata bahasa dalam tulisan mereka. Oleh karena itu, AI dapat digunakan untuk menunjang keberhasilan pembelajaran kimia seperti pada pembelajaran yang memerlukan penulisan misalnya laporan hasil praktikum atau makalah. Selain itu, penerapan AI ini dapat digunakan untuk mengetahui pemahaman konsep kimia siswa dengan cara presentasi atau diskusi.

Kemampuan mencipta dan memperbaharui (*creativity and innovation skills*) adalah keterampilan yang digunakan suatu individu untuk

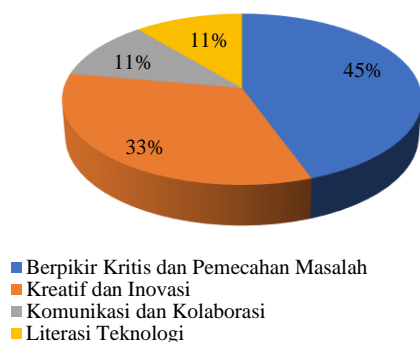
menciptakan hal baru yang berasal dari pengetahuannya (Septikasari & Frasandi, 2018). Kecerdasan buatan dapat meningkatkan kreatifitas peserta didik salah satu contohnya yaitu dapat digunakan untuk menciptakan karya seni yang kemudian digunakan sebagai karya seni baru (Ali Elfar & Dawood, 2023). AI dapat digunakan untuk mencari referensi ide. Aplikasi yang dapat digunakan yaitu *Bing AI* atau *Bard AI* dengan cara menuliskan deskripsi sesuai keinginan dan dengan mudahnya AI akan menampilkan berbagai referensi sesuai deskripsi. Teknologi *Artificial Intelligence* juga dapat digunakan untuk memahami berbagai konsep tidak hanya sekedar konsep rumus tetapi juga mempelajari kehidupan sehari-hari dan budaya siswa (Wangi et al., 2023). Menurut Sahnir et al. (2023), teknologi AI dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang keberagaman seni dan meluaskan wawasan siswa terhadap beragam budaya serta mengasah kreatifitas masing-masing siswa. Hal ini dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran kimia melalui topik bahasan etnokimia. Selain itu, penggunaan aplikasi Photomath juga dapat digunakan untuk meningkatkan kreatifitas siswa dalam menyelesaikan masalah pembelajaran matematika (Tedjawiani et al., 2023). Dengan adanya Photomath, siswa menjadi lebih kreatif dalam menyelesaikan soal-soal matematika karena siswa banyak berlatih dari setiap langkah penyelesaian yang diberikan oleh photomath. AI juga dapat digunakan untuk membantu memahami kimia khususnya dalam ilmu molekul dan material baru (Butler et al., 2018). Dalam hal ini, *machine learning* bekerja dengan cara meramalkan, menganalisis, dan merancang sifat-sifat molekul dan material baru. Selain itu, *machine learning* juga dapat memprediksi sifat material dan mencari struktur molekul yang diinginkan. Dengan adanya *machine learning* ini dapat membantu siswa maupun mahasiswa untuk bisa melihat suatu struktur kimia dalam perangkat seperti *smartphone* atau laptop. Contoh *machine learning* yang biasa digunakan yaitu ChemDraw, KingDraw, dll. *Machine learning* ini membantu untuk meningkatkan kemampuan kreatifitas dan inovasi. Aplikasi seperti ChemDraw dapat meningkatkan

kekreatifan karena siswa maupun mahasiswa dapat dengan mudah mempelajari struktur, tata nama, serta bentuk ikatan dalam suatu senyawa kimia. Penggunaan AI yang serupa diteliti oleh Segler & Waller (2017), yaitu *Neural-symbolic machine learning* yang dapat digunakan untuk memprediksi reaksi kimia melalui analisis retrosintesis dan yang diteliti oleh Wu et al. (2018), yaitu *MoleculeNet* yang digunakan untuk memprediksi sifat-sifat molekul.

Literasi teknologi informasi dan komunikasi (*information and communications technology literacy*) merupakan kemampuan seseorang untuk dapat mengaplikasikan teknologi dalam berbagai konteks (Astini, 2019). Pemanfaatan teknologi dan komunikasi dalam bidang pendidikan dapat digunakan untuk mendapatkan materi pembelajaran yang disajikan dalam bentuk interaktif dengan menggunakan jaringan komputer. Hal ini sangat membantu meningkatkan pemahaman peserta didik khususnya penggunaan media visual dan animasi yang diintegrasikan dengan penyampaian materi pembelajaran. Ariastika (2022) mengemukakan bahwa penggunaan *search engine* dapat diterapkan untuk meningkatkan literasi digital siswa. *Search engine* digunakan untuk mencari berbagai sumber informasi yang dapat mendukung pemahaman konsep pembelajaran siswa. Jenis AI seperti *search engine* ini dapat digunakan juga dalam pembelajaran kimia. Selain *search engine*, semua bentuk AI yang telah digunakan pada penjelasan sebelumnya juga meningkatkan literasi teknologi dimana AI sangat berkaitan dengan teknologi sehingga penerapannya dalam pembelajaran juga menuntut siswa untuk mengerti dan memahami penggunaan suatu teknologi.

Berdasarkan hasil studi literatur, dilakukan pengelompokan tentang penerapan AI yang mendukung berbagai keterampilan abad 21. Gambar 2. menunjukkan bahwa pengintegrasian AI dengan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah banyak diamati dalam pelaksanaan pembelajaran kimia. Hal ini disebabkan oleh pokok bahasan kimia yang bersifat abstrak sehingga memudahkan peneliti untuk menguji pemahaman siswa. Persentase terbanyak kedua yaitu

keterampilan kreatif dan inovatif karena keterampilan ini juga penting bagi siswa untuk menyelesaikan persoalan kimia.



Gambar 2. Pengintegrasian AI dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan keterampilan abad 21.

Dengan adanya penelitian dengan pendekatan AI ini menjadi solusi bagi siswa yang kesulitan dalam menyelesaikan tugas. Kemampuan komunikasi dan literasi teknologi memiliki persentase paling rendah. Hal tersebut disebabkan oleh sedikitnya pokok bahasan kimia yang bersifat narasi atau materi yang tidak melibatkan penerapan konsep matematika.

Luasnya sumber daya pendidikan memungkinkan penggunaan teknologi AI untuk dimanfaatkan dalam meningkatkan keterampilan, kepribadian, dan kualitas pengajaran. Perkembangan teknologi ini tidak hanya menuntun pendidikan untuk menghadapi tantangan, tetapi juga menciptakan peluang untuk mengatasi permasalahan yang muncul. Kecerdasan teknologi AI dapat mengidentifikasi konsep yang tidak dipahami oleh seorang siswa (Mulianingsih et al., 2020). Dengan memanfaatkan kecerdasan teknologi AI, proses pembelajaran kimia dapat lebih terfokus dan efisien. Teknologi AI tidak hanya mampu mengidentifikasi konsep yang belum dipahami oleh seorang siswa, tetapi juga memberikan solusi terkait untuk meningkatkan pemahaman mereka. Misalnya, melalui analisis data, AI dapat memberikan rekomendasi materi tambahan atau latihan yang dirancang khusus untuk mengatasi kesulitan siswa. Hal ini tidak hanya membantu

siswa untuk memahami konsep dengan lebih baik tetapi juga memberikan dukungan yang lebih tepat dan terarah. Adanya teknologi kecerdasan AI membuka peluang untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa (Diantama, 2023). Teknologi AI memberikan akses yang lebih cepat terhadap informasi dan bahan pembelajaran, sehingga dapat membantu meningkatkan kemampuan literasi dan keterampilan siswa secara menyeluruh.

Penggunaan teknologi AI dalam pendidikan dapat meningkatkan kerja sama guru dan siswa (Mambu et al., 2023). Dengan mengumpulkan data, guru dapat memberikan umpan balik yang lebih terarah dan solusi yang lebih tepat untuk setiap tantangan yang dihadapi siswa. Hal ini membantu dalam menciptakan lingkungan belajar yang baik dan mampu mendukung pertumbuhan individu. Pentingnya teknologi AI tidak hanya terletak pada identifikasi kesalahan atau kebutuhan siswa, tetapi juga pada kemampuannya untuk merancang pengalaman belajar yang menyeluruh (Diantama, 2023). Pemanfaatan teknologi AI membuka peluang besar bagi guru untuk memahami dan merespons kebutuhan individual siswanya. Teknologi AI dapat secara otomatis mendeteksi tingkat kesalahan yang dilakukan oleh siswa, dapat memahami tingkat kecerdasan siswa, dan menyajikan materi pembelajaran dengan tingkat kesulitan yang sesuai dengan kemampuan siswa (Mambu et al., 2023). Dengan demikian, teknologi kecerdasan buatan dapat mengoptimalkan cara guru merespons dan mendukung keberhasilan siswa dalam pembelajaran kimia. Melalui pendekatan ini, keefektifan pembelajaran kimia dapat ditingkatkan dan dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih baik bagi kebutuhan masing-masing siswa (Junaidi et al., 2021). Menurut Amanda et al. (2023), melalui penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam merancang materi pembelajaran yang menggunakan *Augmented Reality*, siswa dapat mengalami pengalaman belajar yang lebih terarah, personal, dan interaktif. Ini akan mempermudah pemahaman dan penyelesaian masalah siswa secara lebih efektif, serta meningkatkan motivasi dan minat siswa dalam proses belajar.

Penerapan AI memberikan dampak peningkatan motivasi siswa dalam pembelajaran kimia, konsep kimia, dan peningkatan prestasi akademik (Chiu, 2021). Penerapan AI dalam pembelajaran kimia tidak hanya memberikan dampak positif pada motivasi siswa, tetapi juga mengubah cara siswa berinteraksi dengan konsep kimia. Sistem AI dapat menyajikan materi pembelajaran dengan cara yang lebih visual atau interaktif, menjadikan pembelajaran kimia lebih menyenangkan. Dengan memanfaatkan teknologi AI, pembelajaran kimia menjadi lebih hidup dan menarik bagi siswa. Tentunya penggunaan AI ini juga dapat meningkatkan keterampilan abad 21 seperti komunikasi dan bekerja sama dengan adanya pembelajaran yang membuat siswa menjadi lebih aktif.

AI sangat efektif digunakan untuk mendukung pelaksanaan pembelajaran kimia. Namun, beberapa materi kimia masih sulit untuk diintegrasikan dalam penggunaan AI. Oleh karena itu, penelitian tentang penggunaan AI masih harus dikembangkan agar dapat meningkatkan kualitas pembelajaran. Meskipun masih banyak materi kimia yang sulit diintegrasikan dalam penerapan AI, banyak penelitian yang telah berhasil mengembangkan AI dalam pembelajaran kimia. Salah satu contohnya yaitu pembelajaran kimia dengan materi pengenalan unsur kimia menggunakan metode *Finite State Machine* (FSM) yang dapat membantu siswa dalam melakukan pembelajaran secara mandiri karena model ini berupa sebuah *game* dengan pemecahan masalah yang harus diselesaikan oleh siswa dengan menggunakan hasil belajarnya pada materi unsur kimia (Bimantoro & Haryanto, 2016). Keberadaan *game* ini tidak hanya menawarkan cara pembelajaran yang menarik, tetapi juga mendorong siswa untuk lebih aktif berpartisipasi dalam pemahaman dan penerapan konsep-konsep kimia. Dengan demikian, model pembelajaran berbasis *game* ini menciptakan daya tarik tersendiri yang meningkatkan minat dan motivasi siswa dalam memahami materi kimia secara lebih mendalam. Selain meningkatkan minat dan motivasi, adanya pembelajaran berbasis *game* ini juga meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan kreatifitas

siswa yang mendukung era modern dengan keterampilan abad 21. Selanjutnya penggunaan media pembelajaran kimia dengan berbasis android pada materi reaksi redoks dan elektrokimia dapat digunakan untuk menunjang kegiatan belajar siswa. Metode pembelajaran berbasis android termasuk metode yang praktis karena dapat digunakan kapanpun dan dimanapun dengan didukung oleh visualisasi yang menarik (Harianto et al., 2017). Pentingnya visualisasi dalam pembelajaran kimia terutama pada topik reaksi redoks dan elektrokimia turut diperkuat oleh penggunaan media berbasis android. Visualisasi yang menarik dan interaktif dapat membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak yang lebih mudah. Selain itu, aplikasi android dapat menyajikan simulasi dan animasi yang membantu memperjelas proses-proses kimia yang susah, membuat pembelajaran menjadi lebih nyata dan mendalam. Dengan memanfaatkan teknologi AI berbasis android, pembelajaran kimia menjadi lebih mudah dan juga dapat meningkatkan keterampilan abad 21 siswa khususnya keterampilan berpikir kritis siswa dengan membantu siswa memahami materi kimia yang sulit seperti reaksi redoks dan elektrokimia.

Jariati & Yenti (2020) melakukan penelitian tentang penerapan AI dalam pembelajaran kimia. Hasil yang diperoleh yaitu penggunaan *E-Magazine* sebagai media pembelajaran pada materi elektrolit dan non elektrolit sangat cocok digunakan untuk bahan ajar dan sumber belajar karena medianya yang praktis. Selain materi elektrolit dan non elektrolit, *E-Magazine* ini juga cocok digunakan dalam pembelajaran kimia pada materi kesetimbangan kimia dan hukum-hukum dasar kimia. Kelebihan utama *E-Magazine* terletak pada penggunaannya yang mudah sehingga siswa dapat mengakses materi ini dimanapun dan kapan pun, baik di sekolah maupun di rumah. *E-Magazine* juga memiliki potensi untuk memperkaya pengalaman belajar siswa melalui video dan gambar bergerak. Dengan demikian, penerapan *E-Magazine* sebagai media pembelajaran dapat membawa dampak positif dalam memotivasi siswa dan memperdalam pemahaman siswa terhadap materi kimia. Adanya *E-Magazine* ini dapat mendukung siswa dalam

meningkatkan keterampilan abad 21 khususnya keterampilan literasi teknologi informasi dan komunikasi serta keterampilan pemecahan masalah dengan membuat siswa memiliki pengalaman yang baik dalam belajar.

Kecerdasan buatan (AI) dalam bentuk pembelajaran telah menyebar banyak dalam bidang ilmu pengetahuan khususnya dalam ilmu kimia lanjut. Misalnya dalam bidang kimia analitik, kimia sintesis dan kimia fisika banyak metode baru yang dikembangkan dengan AI untuk melengkapi data analitik, memprediksi hasil reaksi, dan mempermudah menentukan reaksi retrosintesis (Baum et al., 2021). Kelebihan AI yang mampu memprediksi sifat molekul dengan akurasi yang tinggi berdasarkan struktur molekul sehingga hal ini akan mempermudah proses analisis yang lebih cepat dan tepat terkait dengan reaktivitas, stabilitas, atau sifat-sifat dari molekul. Ketika proses analisis lebih akurat mengenai reaktivitas kimia, sifat molekul dan stabilitas molekul hal ini akan mendukung pengembangan pokok bahasan kimia yang lebih efektif dan mudah untuk dipahami. Oleh karena itu, penggabungan antara AI dan pembelajaran kimia membuka potensi yang sangat besar dalam pemahaman dan aplikasi kimia. Penerapan AI dalam kimia membuka peluang untuk memberikan pokok bahasan kimia yang lebih mendalam tentang sifat-sifat molekuler, stabilitas molekul, dan struktur kimia. Sehingga, akan meningkatkan kemampuan peserta didik dalam merancang molekul baru, memprediksi sifat-sifat kimia, dan meningkatkan efisiensi penelitian dan pengembangan di bidang ilmu kimia. Selain itu, banyak sekali fitur-fitur AI yang dapat mendukung dalam proses pembelajaran kimia salah satunya adalah aplikasi ChemDraw yang dapat memudahkan peserta didik maupun mahasiswa untuk mempelajari struktur, tatanama serta bentuk ikatan dalam senyawa kimia (Akbar et al., 2019). Dengan begitu, penggunaan AI dapat meningkatkan keterampilan abad 21 seperti keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah dengan menggunakan aplikasi AI dalam mempelajari materi kimia lanjut serta dapat meningkatkan kreativitas mahasiswa dalam mempelajari struktur senyawa.

Menurut Pardamean et al. (2022) dan Rahadiantino (2022) pelatihan pembelajaran yang menerapkan kecerdasan buatan telah berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan guru dalam mengelola serta memanfaatkan platform yang tersedia. Selain itu, dalam pembelajaran berbasis tim pemanfaatan portal pembelajaran *online* yang berbasis AI dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Aspek penting lainnya yang ditimbulkan dari penggunaan *Artificial Intelligence* yaitu personalisasi (Sugiarto et al., 2023). Adanya *Artificial Intelligence* ini memungkinkan analisis data masing-masing siswa untuk menciptakan pengalaman belajar yang disesuaikan. Dengan demikian, siswa tidak perlu lagi mengikuti kurikulum dengan kecepatan yang sama, siswa dapat mengakses materi sesuai minat dan pemahaman siswa yang dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa. Salah satu contohnya yaitu dengan adanya *smart content* yang dapat menyediakan konten materi baru, bahan bacaan yang direkomendasikan, artikel atau buku-buku yang baru dipublikasikan serta informasi yang dapat dicari sesuai dengan keperluan pembelajaran (Supriadi et al., 2022).

Penggunaan AI berpotensi untuk mendukung karya-karya kreatif yang biasa dibuat mahasiswa atau pelajar seperti, karya tulis ilmiah, makalah, artikel, poster, dan penulisan akademik (Maulana et al., 2023). AI dapat memberikan banyak manfaat karena dapat menghemat waktu, mudah diakses, dan bersifat konsisten. AI sangat berguna untuk mempermudah pekerjaan pelajar dan mahasiswa dalam penulisan atau mengerjakan tugas dengan cepat dan efektif. Disamping kelebihan juga terdapat kekurangan AI yaitu pengguna AI sangat rentan terjadinya plagiarisme. Mahasiswa menjadi tidak kreatif dan malas untuk berpikir sehingga peserta didik akan selalu berfikir mencari sesuatu dengan mudah tanpa berusaha terlebih dahulu. Penggunaan AI belum sempurna dan masih memiliki batasan dalam memahami pola yang kompleks dalam data kimia. Penggunaan teknologi AI dalam kimia memerlukan infrastruktur komputasi yang kuat untuk mengolah dan menganalisis data yang besar sehingga hal ini akan menjadi hambatan bagi sebagian siswa ataupun

mahasiswa dalam memanfaatkan penggunaan AI dalam pembelajaran kimia (Akbar, 2023). Kekurangan dari AI juga memberikan dampak buruk pada siswa karena dapat menurunkan atau menghambat siswa dalam meningkatkan keterampilan abad 21. Dengan adanya kekurangan yang telah disebutkan dapat membuat siswa menjadi kurang kreatif dan tidak berpikir kritis.

Kelemahan dari *Artificial Intelligence* tentunya memberikan tantangan bagi penggunanya. Menurut Marlin et al. (2023), tantangan utama dari penggunaan *Artificial Intelligence* yaitu terkait etika dan privasi. Oleh karena itu, pendidikan etika AI juga harus diintegrasikan didalam pembelajaran seiring berjalannya pembelajaran yang menggunakan AI. Selain itu, penggunaan AI ini juga dapat mempengaruhi perilaku dan karakter seseorang (Aziz et al., 2023). Seperti yang dikemukakan oleh Gusli et al. (2023), adanya perkembangan teknologi dan AI ini juga menimbulkan masalah yaitu, kurangnya moral siswa dan data siswa mudah ditemukan. Oleh karena itu, lembaga pendidikan harus memiliki manajemen yang baik untuk mengatasi masalah tersebut. Sebaiknya lembaga pemerintah melatih pendidik atau calon pendidik agar terampil menggunakan teknologi sebagai media pembelajaran. Menurut Taruklimbong & Sihotang (2023), banyak pendidik yang belum terbiasa dengan konsep dan penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam proses pembelajaran. Maka dari itu, diperlukan program pelatihan dan upaya sosialisasi agar para guru dapat memiliki pemahaman yang baik terkait AI dan mampu menggunakannya secara efektif dalam konteks pembelajaran kimia. Pelatihan yang dapat dilakukan seperti pelatihan pembuatan game berbasis *Artificial Intelligence* dan sosialisasi penggunaan *Artificial Intelligence* (Kaswar et al., 2023; Sabella et al., 2023). Adanya pelatihan ini dapat dijadikan contoh untuk meminimalisir masalah yang ditimbulkan dari penggunaan *Artificial Intelligence*. Mahasiswa atau calon pendidik juga diberikan pelatihan agar dapat mempersiapkan generasi yang terampil. Contoh pelatihannya yaitu pembuatan *power point* yang berbasis *Artificial Intelligence* (Rahayu et al., 2023). *Power point* merupakan aplikasi penting

yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran atau manfaat lainnya. Adanya pelatihan pembuatan *power point* berbasis AI tentunya dapat melatih kreatifitas dan keterampilan penggunaannya. Menghadapi tantangan adanya AI ini, diperlukan eksplorasi potensi kolaborasi antara manusia dan kecerdasan buatan (AI) agar menciptakan solusi yang saling menguntungkan (Oktavianus et al., 2023). Langkah dalam mengatasi tantangan AI di era digitalisasi ini melibatkan pengembangan pendidikan yang mempersiapkan individu untuk menghadapi perubahan digital, penerapan regulasi yang bijak terhadap penggunaan AI, serta peningkatan kesadaran terhadap aspek etika dalam pengembangan teknologi. Oleh karena itu diperlukan pengembangan media pembelajaran kimia berbasis AI yang difokuskan untuk meningkatkan keterampilan abad 21 khususnya keterampilan-keterampilan yang masih sangat minim diterapkan dalam pembelajaran kimia seperti keterampilan komunikasi dan literasi teknologi.

KESIMPULAN

Penerapan *Artificial Intelligence* telah banyak dilakukan dalam bidang pendidikan kimia terutama bertujuan untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21 seperti keterampilan berpikir kritis, keterampilan penyelesaian masalah, kreatifitas, komunikasi, dan literasi teknologi informasi. *Artificial Intelligence* dapat membawa dampak positif bagi siswa maupun guru. Walaupun begitu, penerapan *Artificial Intelligence* juga memiliki dampak negatif. Maka dari itu, penerapannya ini harus dibawah pengawasan guru atau tenaga pendidik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung, membantu dan terlibat dalam pembuatan kajian literatur artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, J. S. (2023). Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran kimia. *Jurnal Pendidikan Sains*, 7(3), 80–88.
- Ali Elfar, M. A., & Dawood, M. E. T. (2023). Using

- Artificial Intelligence for enhancing Human Creativity. *Journal of Art, Design and Music*, 2(2), 106–120. <https://doi.org/10.55554/2785-9649.1017>
- Amanda, A., Rahayu, A., Mariana, D., Wahyuni, I., & Romadhoni, R. D. (2023). Implementasi artificial intelligence dalam pembuatan media pembelajaran berbasis augmented reality. *Seminar Nasional FPMIPA 2023 IKIP PGRI Bojonegoro*, 240–243.
- Andriani, M., Muhali, & Dewi, C. A. (2019). Pengembangan modul kimia berbasis kontekstual untuk membangun pemahaman konsep siswa pada materi asam basa. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 7(1), 25–34. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v7i1.1653>
- Ariastika, D. (2022). Penerapan literasi digital pada pembelajaran IPA dalam menghadapi kesiapan pendidikan di era society 5.0. *Fordetak: Seminar Nasional Pendidikan: Inovasi Pendidikan Di Era Society 5.0*, 132–142.
- Astini, N. K. S. (2019). Pentingnya literasi teknologi informasi dan komunikasi bagi guru sekolah dasar untuk menyiapkan generasi milenial. *Prosiding Seminar Nasional Dharma Acarya Ke-1*, 113–120.
- Aziz, R. A., Fitriyanti, Y., Darnoto, & Rohman, F. (2023). Tantangan Pendidikan Karakter Islami di Era teknologi artificial intelligence. *Tarbawi: Jurnal Pendidikan Islam*, 20(1), 47–62.
- Baskoro, G., Mariza, I., & Sutapa, N. (2023). Innovation to Improve Critical Thinking Skills in the Generation Z using Peeragogy as a Learning Approach and Artificial Intelligence (AI) as a Tool. *Jurnal Teknik Industri*, 25(2), 121–130. <https://doi.org/10.9744/jti.25.2.121-130>
- Baum, Z. J., Yu, X., Ayala, P. Y., Zhao, Y., Watkins, S. P., & Zhou, Q. (2021). Artificial Intelligence in Chemistry: Current Trends and Future Directions. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 61(7), 3197–3212. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c00619>
- Bimantoro, T., & Haryanto, H. (2016). Pemodelan Perilaku Musuh Menggunakan Finite State Machine (FSM) Pada Game Pengenalan Unsur Kimia. *Journal of Applied Intelligent System*, 1(3), 210–219.
- Butler, K. T., Davies, D. W., Cartwright, H., Isayev, O., & Walsh, A. (2018). Machine learning for molecular and materials science. *Nature*, 559(7715), 547–555. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0337-2>
- Cathrin, S., & Wikandaru, R. (2023). The future of character education in the era of artificial intelligence. *Humanika*, 23(1), 91–100. <https://doi.org/10.21831/hum.v23i1.59741>
- Chiu, W. K. (2021). Pedagogy of emerging technologies in chemical education during the era of digitalization and artificial intelligence: a systematic review. *Education Sciences*, 11(11), 1–24. <https://doi.org/10.3390/educsci11110709>
- Daher, W., Diab, H., & Rayan, A. (2023). Artificial Intelligence generative tools and conceptual knowledge in problem solving in chemistry. *Information (Switzerland)*, 14(7), 1–14. <https://doi.org/10.3390/info14070409>
- Diantama, S. (2023). Pemanfaatan artificial intelegent (AI) dalam dunia pendidikan. *Dewantech Jurnal Teknologi Pendidikan*, 1(1), 8–14. <https://doi.org/10.61434/dewantech.v1i1.8>
- Fauzan, I. (2020). Artificial intelligence (AI) on the surveillance and civil service control-an exploration of concepts after the end of pandemic. *Civil Service*, 14(1), 31–42.
- Ghafar, Z. N., Salh, H. F., Abdulrahim, M. A., & Farxha, S. S. (2023). The Role of artificial intelligence technology on english language learning: A Literature Review. *Canadian Journal of Language and Literature Studies*, 3(2), 17–31. <https://doi.org/10.53103/cjlls.v3i2.87>
- Gómez-Bombarelli, R., Wei, J. N., Duvenaud, D., Hernández-Lobato, J. M., Sánchez-Lengeling, B., Sheberla, D., Aguilera-Iparraguirre, J., Hirzel, T. D., Adams, R. P., & Aspuru-Guzik, A. (2018). Automatic chemical design using a data-driven continuous representation of molecules. *ACS Central Science*, 4(2), 268–276. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.7b00572>
- Gusli, R. A., Zaki2, S., & Akhyar, M. (2023). Tantangan guru terhadap perkembangan teknologi agar memanfaatkan artificial

- intelligence dalam meningkatkan kemampuan siswa. *Journal of Management in Islamic Education*, 4(3), 229–240. <https://doi.org/10.32832/idarrah.v4i3.15418>
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: on the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5–14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- Harianto, A., Suryati, & Khery, Y. (2017). Pengembangan media pembelajaran kimia berbasis android untuk penumbuhan literasi sains siswa pada materi reaksi redoks dan elektrokimia. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 5(2), 35–47. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v5i2.1588>
- Jariati, E., & Yenti, E. (2020). Pengembangan E-magazine berbasis multipel representasi untuk pembelajaran kimia di SMA pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit. *Journal of Natural Science and Integration*, 3(2), 138–150. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v3i2.10131>
- Junaidi, E., Hakim, A., Hadisaputra, S., Anwar, Y. A. S., & Sofia, B. F. D. (2021). Meningkatkan motivasi belajar kimia melalui implementasi konsep kimia dalam bentuk permainan sederhana di SMAN 4 praya. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains Indonesia*, 3(2), 121–126. <https://doi.org/10.29303/jpmsi.v3i2.134>
- Kaswar, A. B., Nurjannah, Arsyad, M., Suriyanto, D. F., & Rosidah. (2023). Membangun keterampilan pendidik melalui pelatihan pembuatan media pembelajaran berbasis artificial intelligence. *Vokatek: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(3), 293–297. <https://doi.org/10.61255/vokatekjmp.v1i3.248>
- Khoiriah, S. U., Lubis, L. K. L. U., & Anas, D. K. N. (2023). Analisis perkembangan sistem manajemen pendidikan di era society 5.0. *Jurnal Ilmu Sosial, Pendidikan Dan Humaniora*, 2(2), 117–132. <https://doi.org/10.56910/jispendiora.v2i2.650>
- Laliyo, L. A. R., Kau, M., La Kilo, J., & La Kilo, A. (2020). Kemampuan siswa memecahkan masalah hukum-hukum dasar kimia melalui pembelajaran inkuiri terbimbing. *Ar-Razi Jurnal Ilmiah*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.29406/ar-r.v8i1.1875>
- Mambu, J. G. Z., Pitra, D. H., Ilmi, A. R. M., Nugroho, W., Leuwol, N. V., & Saputra, A. M. A. (2023). Pemanfaatan teknologi artificial intelligence (AI) dalam menghadapi tantangan mengajar guru di era digital. *Journal on Education*, 06(01), 2689–2698.
- Marlin, K., Tantrisna, E., Mardikawati, B., Anggraini, R., & Susilawati, E. (2023). Manfaat dan tantangan penggunaan artificial intelligences (AI) chat GPT terhadap proses pendidikan etika dan kompetensi mahasiswa di perguruan tinggi. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(6), 5192–5201.
- Maulana, M. J., Darmawan, C., & Rahmat. (2023). Penggunaan chatgpt dalam tinjauan pendidikan berdasarkan perspektif etika akademik. *Bhineka Tunggal Ika: Kajian Teori Dan Praktik Pendidikan PKn*, 10(1), 58–66. <https://doi.org/10.36706/jbti.v10i1.21090>
- Mulianingsih, F., Anwar, K., Shintasiwi, F. A., & Rahma, A. J. (2020). Artificial intelligence dengan pembentukan nilai dan karakter di bidang pendidikan. *Ijtimaiya: Journal of Social Science Teaching*, 4(2), 148–154. <https://doi.org/10.21043/ji.v4i2.8625>
- Nawi, A. (2019). Penerokaan awal terhadap isu dan dampak penggunaan teknologi kecerdasan buatan terhadap kehidupan manusia. *Asian Journal of Civilizational Studies*, 1(4), 24–33.
- Nuraeni, S., Feronika, T., & Yunita, L. (2019). Implementasi Self-Efficacy dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran Kimia di Abad 21. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 1(2), 49–56. <https://doi.org/10.34312/jjec.v1i2.2553>
- Oktavianus, A. J. E., Naibaho, L., & Rantung, D. A. (2023). Pemanfaatan artificial intelligence pada pembelajaran dan asesmen di era digitalisasi. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, 5(2), 473–486. <https://doi.org/10.53863/kst.v5i02.975>
- Pardamean, B., Suparyanto, T., Anugrahana, A., Anugraheni, I., & Sudigyo, D. (2022). Implementasi team-based learning dalam pengembangan pembelajaran online berbasis artificial intelligence. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 12(2), 118–126. <https://doi.org/10.24246/j.js.2022.v12.i2.p118-126>

- Putri, V. A., Sotyawardani, K. C. A., & Rafael, R. A. (2023). Peran artificial intelligence dalam proses pembelajaran mahasiswa di Universitas Negeri Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional*, 615–630.
- Rahadiantino, L. (2022). Implementasi pembelajaran artificial intelligence bagi siswa sekolah dasar di Kota Batu, Malang, Jawa Timur. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 6(1), 308–317. <https://doi.org/10.24036/jippsd.v6i1.115857>
- Rahayu, S., Hadi, K. Al, Wahyudi, & Sutrio. (2023). Pelatihan pemanfaatan artificial intelligence (AI) untuk keefektifan presentasi yang menarik dan komunikatif. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 6(4), 2021–2024. <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v6i4.6601>
- Ristiyan, E., & Bahriah, E. S. (2016). Analisis Kesulitan Belajar Kimia Siswa Di Sman X Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 2(1), 18. <https://doi.org/10.30870/jppi.v2i1.431>
- Rusmiyanto, Huriati, N., Fitriani, N., Tyas, N. K., Rofi'i, A., & Sari, M. N. (2023). The role of artificial intelligence (AI) in developing english language learner's communication skills. *Journal on Education*, 6(1), 750–757. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.2990>
- Sabella, B., Rhomadhona, H., & Arrahimi, A. R. (2023). Pelatihan pembuatan game sederhana sebagai media pembelajaran untuk pengajar SMP berbasis artificial intelligence. *Jurnal Widya Laksimi*, 3(2), 69–76.
- Sahnir, N., Jamilah, & Yatim, H. (2023). Pengenalan teknologi artificial intelligence (AI) dalam meningkatkan pengalaman belajar seni di era digitalisasi pendidikan. *Seminar Nasional Dies Natalis 62*, 245–256. <https://doi.org/10.59562/semnasdies.v1i1.811>
- Segler, M. H. S., & Waller, M. P. (2017). Neural-symbolic machine learning for retrosynthesis and reaction prediction. *Chemistry - A European Journal*, 23(25), 5966–5971. <https://doi.org/10.1002/chem.201605499>
- Septikasari, R., & Frasandi, R. N. (2018). Keterampilan 4C abad 21 dalam pembelajaran pendidikan dasar. *Jurnal Tarbiyah Al-Awlad*, 8(2), 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.04.015>
- Sugiarto, I., Hasnah, S., Annas, A. N., Sundari, S., & Dhaniswara, E. (2023). Inovasi pembelajaran berbasis teknologi artificial intelligences (AI) pada sekolah kedinasan di era revolusi industri 4.0 dan society 5.0. *Journal Of Social Science Research*, 3(5), 10546–10555.
- Sulaeman, Anggraini, R., Paramansyah, A., Fata, T. H., & Judijanto, L. (2024). Peran Artificial Intelligences Sebagai Alat Bantu Dalam Meningkatkan Keterampilan Menulis Mahasiswa Pendidikan Agama Islam Di Era Disruptif. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 5206–5216.
- Supriadi, S. R. R. P., Sulistiyani, & Chusni, M. M. (2022). Inovasi pembelajaran berbasis teknologi artificial intelligence dalam pendidikan di era industry 4.0 dan society 5.0. *Jurnal Penelitian Sains Dan Pendidikan (JPSP)*, 2(2), 192–198. <https://doi.org/10.23971/jpsp.v2i2.4036>
- Susdarwono, E. T. (2021). Artificial intelligence (AI) drone dalam pertahanan : problem dan kemajuan. *Jurnal Ilmiah Intech : Information Technology Journal of UMUS*, 3(1), 1–11.
- Tarigan, F. N., Hasibuan, S. A., & Nurmayana. (2023). Pengembangan digital storytelling berbasis artificial intelligence untuk meningkatkan kemampuan literasi dan critical thinking mahasiswa. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 4(1), 485–491.
- Taruklimbong, E. S. W., & Sihotang, H. (2023). Peluang dan tantangan penggunaan AI (artificial intelligence) dalam pembelajaran kimia program studi magister administrasi pendidikan , Universitas Kristen Indonesia. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 26745–26756.
- Tedjawiani, I., Suchahyo, N., Usanto, & Sopian, A. (2023). Peran artificial intelegent terhadap peningkatan kreativitas siswa dengan menerapkan projek penguatan profil pelajar pancasila. *Abdimas Siliwangi*, 6(3), 676–686. <https://doi.org/10.22460/as.v6i3.18078>
- Wangi, C. A. S., Sofia, L., Shomad, M. A., Komsatun, S., & Sulistiyowati. (2023). Inovasi etnomatematika berbasis teknologi artificial intelligence (AI) untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis. *Seminar Nasional*

FPMIPA 2023 IKIP PGRI Bojonegoro, 314–318.

Wu, Z., Ramsundar, B., Feinberg, E. N., Gomes, J., Geniesse, C., Pappu, A. S., Leswing, K., & Pande, V. (2018). MoleculeNet: a benchmark for molecular machine learning. *Chemical Science*, 9(2), 513–530.

<https://doi.org/10.1039/c7sc02664a>

Wulandari, T. D., Widiyatmoko, A., & Pamelasari, S. D. (2022). Keefektifan pembelajaran IPA Berbantuan virtual reality untuk meningkatkan kemampuan kognitif siswa SMP di abad 21: Review Artikel. *Proceeding Seminar Nasional IPA XII*, 106–115.