

PEMANFAATAN TEKNOLOGI DALAM PENDIDIKAN KIMIA SEBAGAI UPAYA MENDUKUNG INDONESIA EMAS

Nabila Widia Ningrat¹, Aurizkyan Firmansyah², Kiprah Piawi³, Irfandi⁴

¹Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sains Islam, Universitas Islam Kuantan Singingi

Email widianabila72@gmail.com

²Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sains Islam, Universitas Islam Kuantan Singingi

Email aurizkyanj@gmail.com

³Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sains Islam, Universitas Islam Kuantan Singingi

Email kiprahpiawi@gmail.com

⁴Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sains Islam, Universitas Islam Kuantan Singingi

Email irfandi@uniks.ac.id

Abstract

Technology plays a crucial role in chemistry education, particularly in achieving the Golden Indonesia 2045 vision through enhancing the quality of human resources and strengthening innovation in science and technology. This article examines the integration of various technologies, including e-learning, augmented reality (AR), STEAM approaches, virtual laboratories, mobile learning, and artificial intelligence (AI), in chemistry education. The findings suggest that integrating technology enhances student motivation, conceptual understanding, creativity, and critical and collaborative thinking skills. Additionally, technology expands access to learning, especially for students in remote areas or with limited facilities. However, technology implementation in chemistry education still faces challenges such as access gaps, limited digital competence of teachers, and a lack of relevant learning content. Therefore, strengthening infrastructure, continuous training for teachers, and cross-sector collaboration are necessary to ensure optimal and equitable technology use. Thus, technology integration in chemistry education is expected to produce competent, innovative, and globally competitive graduates.

Keywords : Pendidikan Kimia, Teknologi Pendidikan, E-learning, Indonesia Emas 2045.

1. PENDAHULUAN (Times New Roman 11 bold)

Pendidikan memiliki fungsi yang sangat krusial dalam menyiapkan generasi penerus yang kompeten dan berdaya saing, khususnya dalam menghadapi era globalisasi dan revolusi industri 4.0. Sejalan dengan visi Indonesia Emas 2045 yang bercita-cita menjadikan Indonesia sebagai bangsa maju, mandiri, dan berdaulat, penguatan kualitas sumber daya manusia menjadi prioritas utama. Dalam konteks ini, pendidikan kimia sebagai salah satu pilar penting dalam ilmu pengetahuan dan teknologi memberikan kontribusi signifikan dalam menghasilkan individu yang memiliki pemahaman mendalam tentang materi, energi, dan perubahan kimia yang mendasari berbagai aspek kehidupan dan industri.

Namun, tantangan dalam pembelajaran kimia sering terletak pada sifat konsepnya yang abstrak dan kompleks, sehingga memerlukan kemampuan visualisasi dan pemahaman yang mendalam. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi menawarkan peluang revolusioner untuk mengatasi tantangan ini. Penggunaan teknologi dalam pendidikan kimia, mulai dari simulasi interaktif, laboratorium virtual, hingga platform pembelajaran daring, berpotensi meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan daya tarik proses belajar-mengajar. Integrasi teknologi diharapkan dapat memvisualisasikan konsep-konsep tidak konkret, memberikan pengalaman pendidikan yang lebih interaktif dan kontekstual, serta memfasilitasi akses ke sumber belajar yang lebih luas.

Oleh karena itu, kajian mengenai pemanfaatan teknologi dalam pendidikan kimia menjadi relevan dan signifikan dalam

mendukung terwujudnya Indonesia Emas 2045. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi berbagai bentuk implementasi teknologi dalam pembelajaran kimia, mengidentifikasi potensi manfaatnya dalam memperluas pemahaman dan ketertarikan siswa, serta menganalisis hambatan dan peluang dalam penerapannya di Indonesia. Dengan memahami peran strategis teknologi dalam memajukan pendidikan kimia, diharapkan dapat dirumuskan rekomendasi kebijakan dan praktik yang efektif untuk menghasilkan lulusan kimia berkualitas tinggi yang mampu berkontribusi pada pembangunan nasional menuju Indonesia Emas.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kajian literatur untuk mengkaji dan mengevaluasi berbagai hasil penelitian yang berhubungan dengan tema Penggunaan Teknologi dalam Pembelajaran Kimia sebagai Usaha Mendukung Indonesia Emas. Sumber informasi utama yang dipakai dalam tulisan ini adalah artikel dan jurnal ilmiah yang diperoleh dari beberapa basis data daring.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan teknologi dalam pendidikan kimia merupakan strategi penting dalam mendukung terwujudnya visi Indonesia Emas 2045, yang menargetkan peningkatan kualitas sumber daya manusia dan kemajuan inovasi di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Teknologi memberikan peluang bagi proses pembelajaran kimia untuk menjadi lebih interaktif, efektif, dan dapat diakses oleh berbagai kalangan. Dengan demikian, penerapan teknologi dalam pembelajaran kimia memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan kompetensi dan pemahaman konsep siswa, sebagaimana telah dibuktikan melalui berbagai tinjauan pustaka (Sari dkk., 2023).

1. Google Classroom Pembelajaran daring adalah proses pembelajaran yang memanfaatkan teknologi, sering disebut sebagai e-learning. E-learning memiliki kemampuan yang sangat besar untuk membantu pencapaian tujuan belajar Elearning. mampu mengatasi kendala jarak dan waktu karena materi pembelajaran dapat diakses secara luas, kapan pun dan di tempat manapun

tanpa adanya batasan waktu. Dengan belajar secara daring, siswa dapat menemukan lingkungan belajar yang mendukung dan mendapatkan suasana baru yang diharapkan dapat meningkatkan semangat belajar mereka. Salah satu platform pembelajaran daring yang populer saat ini adalah Google Classroom.

Google Classroom merupakan pilihan alternatif yang efektif untuk mengoptimalkan proses belajar-mengajar berbasis e-learning. Platform ini mudah digunakan dan dapat diimplementasikan dengan baik di institusi pendidikan. Google Classroom terhubung dengan sejumlah layanan dari Google untuk Pendidikan, seperti Gmail, Google Drive, Google Calendar, Google Docs, Google Sheets, Google Slides, dan Google Sites. Platform ini memudahkan distribusi materi pembelajaran, pengelolaan tugas, dan komunikasi real-time antara guru dan siswa. Google Classroom juga mendukung manajemen kelas yang efisien dan memungkinkan pembelajaran kimia berlangsung secara fleksibel. Penggunaan elearning seperti Google Classroom bukan Cuma mempermudah penyampaian materi dan penugasan, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif dari siswa dalam diskusi dan kolaborasi.

Penelitian (Rosa dkk., 2022) menunjukkan bahwa siswa yang terlibat dalam pembelajaran daring cenderung memiliki motivasi belajar yang lebih tinggi dan mampu mengembangkan kemandirian dalam mengelola waktu serta tugas-tugas mereka. Selain itu, integrasi video eksperimen, simulasi digital, dan kuis interaktif dalam e-learning terbukti memperdalam pemahaman siswa terhadap konsep kimia yang bersifat abstrak.

2. Augmented Reality (AR) Selain itu, teknologi Augmented Reality (AR) juga dimanfaatkan untuk memperkaya pengalaman belajar kimia. Teknologi Realitas Tertambah (AR) adalah inovasi yang menggabungkan elemen digital dengan lingkungan fisik secara langsung. Pemanfaatan aplikasi pendidikan kimia yang berbasis Android dengan teknologi AR

berkembang pesat karena terbukti efektif meningkatkan kemampuan kognitif siswa melalui visualisasi 3D dan elemen multimedia. Augmented reality sendiri merupakan teknologi yang menggabungkan objek atau dunia virtual ke dalam lingkungan nyata dalam bentuk 2D atau 3D yang dapat dilihat dan diinteraksikan secara langsung (Aris dkk., 2020). Penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan AR dapat meningkatkan partisipasi siswa, memperkuat daya ingat, dan mendorong kolaborasi dalam kelompok belajar. Selain itu, pengalaman belajar yang imersif melalui AR dapat menumbuhkan rasa ingin tahu dan kreativitas siswa untuk mengeksplorasi materi kimia.

Dalam dunia pendidikan, AR mendukung siswa dalam membayangkan ide-ide yang tidak konkret dan sulit dimengerti, seperti struktur molekul dalam pelajaran kimia. Penerapan AR dalam proses pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa. AR memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan materi pembelajaran sehingga memperdalam pemahaman terhadap konsep yang diajarkan. Selain itu, AR juga mendukung pembelajaran kolaboratif, di mana siswa dapat bekerja sama untuk menyelesaikan tugas yang memanfaatkan teknologi ini.

3. STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) Selanjutnya, penerapan pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) dalam pendidikan kimia semakin didukung oleh kemajuan teknologi digital. Perkembangan dari STEM ke STEAM bukan sekadar menambahkan komponen seni seperti menggambar, mewarnai, atau mendesain dalam pembelajaran, tetapi lebih menekankan pada pengembangan pola pikir kreatif siswa dan penguasaan keterampilan abad ke-21. Pendekatan STEAM mengintegrasikan

sains dengan seni dan kreativitas, sehingga pembelajaran kimia tidak hanya berorientasi pada aspek teknis, tetapi juga mengasah kemampuan berpikir kritis dan inovatif siswa. Melalui penggunaan aplikasi simulasi dan perangkat lunak desain kimia, siswa dapat melakukan eksperimen virtual dan mengerjakan proyek kreatif yang menstimulasi pengembangan keterampilan multidisipliner (Fitriyah dkk., 2021).

Integrasi pembelajaran berbasis STEAM merupakan inovasi dalam proses pembelajaran yang menggabungkan berbagai aspek penting untuk mendukung keterampilan proses sains siswa. Dalam pendidikan masa kini, kebutuhan untuk menerapkan aspek-aspek tersebut secara terintegrasi dalam kegiatan pembelajaran semakin meningkat. Pendekatan ini memungkinkan siswa mengintegrasikan unsur STEAM secara langsung dalam praktik pembelajaran mereka. STEAM sendiri didefinisikan sebagai pendekatan pembelajaran interdisipliner yang menambahkan unsur 'Art' ke dalam konsep STEM, dengan tujuan mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas pada siswa.

Adaptasi pembelajaran berbasis STEAM dianggap sangat penting bagi masyarakat Indonesia sebagai upaya meningkatkan kualitas lulusan, khususnya dalam hal kemampuan dan keterampilan menghasilkan produk berbasis Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) (Ishartono dkk., 2021). Pendekatan STEAM merupakan pengembangan dari pendekatan STEM yang mengintegrasikan unsur seni dalam proses pembelajaran. Penambahan unsur seni memberikan manfaat besar bagi siswa dan guru, karena melalui seni mereka dapat mengekspresikan diri, berkomunikasi, mengembangkan kreativitas, imajinasi, keterampilan observasi, persepsi, dan berpikir kritis. Hal ini juga membantu

meningkatkan keterampilan kognitif, seperti mendengarkan, pemecahan masalah, menghubungkan bentuk dengan fungsi, dan pengambilan keputusan. Pembelajaran dengan pendekatan STEAM mendorong keterlibatan aktif siswa melalui aktivitas praktis dan relevan dengan situasi nyata. Metode ini memungkinkan proses pengajaran berlangsung secara menarik dan menyenangkan, sehingga materi menjadi lebih bermakna dan mudah dipahami siswa. Selain itu,

STEAM mampu mengasah keterampilan siswa dalam mengembangkan ide dan kreativitas. Pendekatan ini juga menstimulasi kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta kolaborasi yang efektif dalam kelompok. Dengan demikian, STEAM tidak hanya memperkaya pengalaman belajar, tetapi juga mempersiapkan siswa menghadapi tantangan dunia nyata dengan bekal keterampilan yang lebih lengkap dan holistik.

4. Laboratorium Virtual Pemanfaatan teknologi berikutnya dalam pendidikan kimia adalah laboratorium virtual. Dalam konteks keterbatasan akses ke laboratorium fisik, laboratorium virtual hadir sebagai solusi inovatif yang sangat membantu pembelajaran kimia. Laboratorium virtual berbasis komputer memungkinkan siswa melakukan eksperimen atau praktikum menggunakan fenomena dunia nyata atau peralatan laboratorium. Dengan kata lain, laboratorium virtual merupakan media pembelajaran multimedia interaktif yang (WanSiagian, 2024) memberikan pengalaman simulasi mandiri kepada pengguna, kapan saja dan di mana saja, seolah-olah mereka sedang bekerja di laboratorium nyata (Lestari dkk., 2023). Laboratorium virtual menyediakan simulasi eksperimen kimia yang realistik dan interaktif, memungkinkan siswa melakukan

eksperimen digital dengan berbagai variabel yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan praktikum siswa tanpa risiko paparan bahan kimia berbahaya (WanSiagian, 2024).

Laboratorium virtual memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan eksperimen kimia digital tanpa risiko yang terkait dengan penggunaan bahan kimia berbahaya. Hal ini sangat membantu sekolah-sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium fisik. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan praktikum siswa sekaligus memperluas akses pembelajaran bagi siswa di daerah terpencil.

5. Ponsel/Handphone Salah satu dampak Kemajuan dalam teknologi mencakup penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam sektor pendidikan. Salah satu bentuk penerapannya adalah pembelajaran berbasis ponsel (mlearning), yang merupakan bagian dari pembelajaran elektronik (e-learning). Mlearning adalah metode pembelajaran yang memanfaatkan perangkat mobile seperti ponsel, Personal Digital Assistant (PDA), laptop, dan tablet PC. Inovasi sangat penting di dunia pendidikan untuk mengatasi berbagai permasalahan yang ada. Menghadapi berbagai rintangan yang signifikan, sektor pendidikan diharapkan untuk selalu mengembangkan teknologi yang mampu mempermudah kegiatan belajar dan mengajar. Salah satu dampak positif dari kemajuan teknologi adalah penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam dunia pendidikan. Perangkat mobile yang paling banyak dimiliki dan digunakan siswa dalam kehidupan sehari-hari adalah ponsel.

Penggunaan ponsel sebagai media pembelajaran juga semakin meluas. Aplikasi pendidikan kimia yang dapat diakses melalui smartphone memungkinkan siswa belajar mandiri kapan saja dan di mana saja. Fitur interaktif seperti kuis, video pembelajaran, dan forum diskusi dalam aplikasi tersebut juga meningkatkan keterlibatan siswa dan mempercepat proses pembelajaran. Mobile learning sangat relevan untuk menjangkau siswa di daerah dengan fasilitas pendidikan yang terbatas (Saputra dkk., 2021).

6. Kecerdasan Buatan (AI)

Perkembangan teknologi Kecerdasan Buatan (AI) juga memberikan kontribusi besar dalam mempersonalisasi pembelajaran kimia. AI mampu menganalisis kemampuan dan kebutuhan belajar setiap siswa secara individual, kemudian menyajikan materi dan latihan yang secara otomatis disesuaikan dengan kebutuhan mereka. Sistem pembelajaran berbasis AI juga memberikan umpan balik instan dan membantu guru mengidentifikasi kesulitan belajar siswa, sehingga intervensi pembelajaran dapat lebih terarah. Inovasi ini menjanjikan peningkatan efektivitas pembelajaran kimia secara signifikan. Kecerdasan Buatan (AI) kini menjadi katalis pendorong dalam perubahan besar di banyak disiplin ilmu, termasuk kimia. Dalam ranah kimia, AI telah memberikan kesempatan bagi pergeseran penting dalam cara kita memahami, menganalisis, serta menerapkan informasi mengenai struktur molekul, reaktivitas, dan perancangan kimia (Jakub, 2023). Kemajuan dalam teknologi kecerdasan buatan membuat penggunaan algoritma serta model yang rumit menjadi mungkin, mulai dari pembelajaran mesin hingga jaringan saraf, yang memungkinkan analisis data kimia dengan lebih efektif. Ini mempercepat proses pengungkapan pola dalam kumpulan data yang besar dan sulit,

sehingga kita dapat menemukan hubungan serta pola yang tidak terlihat dalam karakteristik kimia. Penggunaan AI dalam pendidikan kimia melibatkan beberapa aspek penting, termasuk prediksi karakteristik molekul.

Dengan menggunakan metode pembelajaran mesin, AI mampu secara tepat memprediksi sifat kimia berdasarkan struktur molekul. Ini memberikan dampak yang signifikan dalam merancang molekul baru, mengembangkan obat, serta merancang material dengan karakteristik tertentu. Di samping itu, AI juga telah memperbaiki pemodelan struktur molekul menjadi lebih akurat dan efisien. Dengan mengintegrasikan algoritma AI ke dalam pemodelan, para ahli kimia dapat merancang struktur molekul dengan lebih cepat dan efisien, mempercepat proses penelitian serta pengembangan bahan kimia yang baru (Pratiska dkk. , 2024). Secara keseluruhan, penggunaan teknologi dalam pendidikan kimia tidak hanya berperan dalam meningkatkan kualitas dan akses pembelajaran, tetapi juga mempersiapkan generasi muda Indonesia menghadapi tantangan global di masa depan. Namun, implementasi teknologi dalam pendidikan kimia tidak lepas dari tantangan. Salah satu kendala utama adalah kesenjangan akses teknologi, terutama di daerah dengan infrastruktur internet yang belum memadai.

Hal ini menyebabkan kualitas pembelajaran yang tidak merata antara daerah perkotaan dan pedesaan. Selain itu, banyak guru yang masih kurang memiliki kompetensi digital yang memadai sehingga pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran belum optimal. Tantangan lain meliputi keterbatasan ketersediaan perangkat digital di kalangan siswa dan kurangnya konten pembelajaran yang sesuai dengan kurikulum nasional. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan solusi yang komprehensif.

Pertama, pemerintah dan institusi pendidikan perlu memperluas infrastruktur teknologi, khususnya jaringan internet dan perangkat digital di sekolah-sekolah yang tertinggal. Kedua, program pelatihan dan pendampingan bagi guru perlu ditingkatkan secara berkelanjutan agar mereka dapat mengintegrasikan teknologi secara efektif dalam proses pembelajaran. Ketiga, kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan pengembang teknologi pendidikan perlu ditingkatkan untuk menghasilkan konten pembelajaran yang inovatif, relevan, dan mudah diakses oleh semua siswa.

Selanjutnya, pengembangan kebijakan yang mendukung pemerataan akses dan perlindungan data pribadi siswa juga menjadi aspek penting dalam mendukung keberlanjutan implementasi teknologi di bidang pendidikan. Dengan demikian, dampak positif pemanfaatan teknologi dalam pendidikan kimia dapat dioptimalkan sekaligus mengatasi hambatan yang ada. Upaya kolaboratif dari berbagai pihak akan memastikan transformasi digital di bidang pendidikan benar-benar meningkatkan mutu tenaga kerja Indonesia dan menyiapkan kaum muda untuk menghadapi tantangan internasional di masa mendatang.

4. SIMPULAN

Perkembangan teknologi Kecerdasan Buatan (AI) juga memberikan kontribusi besar dalam mempersonalisasi pembelajaran kimia. AI mampu menganalisis kemampuan dan kebutuhan belajar setiap siswa secara individual, kemudian menyajikan materi dan latihan yang secara otomatis disesuaikan dengan kebutuhan mereka. Sistem pembelajaran berbasis AI juga memberikan umpan balik instan dan membantu guru mengidentifikasi kesulitan belajar siswa, sehingga intervensi pembelajaran dapat lebih terarah. Inovasi ini menjanjikan peningkatan efektivitas pembelajaran kimia secara signifikan. Kecerdasan Buatan (AI) kini menjadi

katalis pendorong dalam perubahan besar di banyak disiplin ilmu, termasuk kimia.

Dalam ranah kimia, AI telah memberikan kesempatan bagi pergeseran penting dalam cara kita memahami, menganalisis, serta menerapkan informasi mengenai struktur molekul, reaktivitas, dan perancangan kimia (Jakub, 2023). Kemajuan dalam teknologi kecerdasan buatan membuat penggunaan algoritma serta model yang rumit menjadi mungkin, mulai dari pembelajaran mesin hingga jaringan saraf, yang memungkinkan analisis data kimia dengan lebih efektif. Ini mempercepat proses pengungkapan pola dalam kumpulan data yang besar dan sulit, sehingga kita dapat menemukan hubungan serta pola yang tidak terlihat dalam karakteristik kimia. Penggunaan AI dalam pendidikan kimia melibatkan beberapa aspek penting, termasuk prediksi karakteristik molekul.

Dengan menggunakan metode pembelajaran mesin, AI mampu secara tepat memprediksi sifat kimia berdasarkan struktur molekul. Ini memberikan dampak yang signifikan dalam merancang molekul baru, mengembangkan obat, serta merancang material dengan karakteristik tertentu. Di samping itu, AI juga telah memperbaiki pemodelan struktur molekul menjadi lebih akurat dan efisien. Dengan mengintegrasikan algoritma AI ke dalam pemodelan, para ahli kimia dapat merancang struktur molekul dengan lebih cepat dan efisien, mempercepat proses penelitian serta pengembangan bahan kimia yang baru (Pratiska dkk., 2024).

Secara keseluruhan, penggunaan teknologi dalam pendidikan kimia tidak hanya berperan dalam meningkatkan kualitas dan akses pembelajaran, tetapi juga mempersiapkan generasi muda Indonesia menghadapi tantangan global di masa depan. Namun, implementasi teknologi dalam pendidikan kimia tidak lepas dari tantangan. Salah satu kendala utama adalah kesenjangan akses teknologi, terutama di daerah dengan infrastruktur internet yang belum memadai. Hal ini menyebabkan kualitas pembelajaran yang tidak merata antara daerah perkotaan dan pedesaan. Selain itu, banyak guru yang masih kurang memiliki kompetensi digital

yang memadai sehingga pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran belum optimal.

Tantangan lain meliputi keterbatasan ketersediaan perangkat digital di kalangan siswa dan kurangnya konten pembelajaran yang sesuai dengan kurikulum nasional. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan solusi yang komprehensif. Pertama, pemerintah dan institusi pendidikan perlu memperluas infrastruktur teknologi, khususnya jaringan internet dan perangkat digital di sekolah-sekolah yang tertinggal. Kedua, program pelatihan dan pendampingan bagi guru perlu ditingkatkan secara berkelanjutan agar mereka dapat mengintegrasikan teknologi secara efektif dalam proses pembelajaran. Ketiga, kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan pengembang teknologi pendidikan perlu ditingkatkan untuk menghasilkan konten pembelajaran yang inovatif, relevan, dan mudah diakses oleh semua siswa. Selanjutnya, pengembangan kebijakan yang mendukung pemerataan akses dan perlindungan data pribadi siswa juga menjadi aspek penting dalam mendukung keberlanjutan implementasi teknologi di bidang pendidikan. Dengan demikian, dampak positif pemanfaatan teknologi dalam pendidikan kimia dapat dioptimalkan sekaligus mengatasi hambatan yang ada. Upaya kolaboratif dari berbagai pihak akan memastikan transformasi digital di bidang pendidikan benar-benar meningkatkan mutu tenaga kerja Indonesia dan menyiapkan kaum muda untuk menghadapi tantangan internasional di masa mendatang.

5. REFERENSI

Aris, Asmi, Anissa Fitria, and Luthfan Ihtisyamuddin. "Chemistry Structure Sheet sebagai Media Pembelajaran Kimia Berbasis

Augmented Reality pada Materi Struktur Atom." Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains 8.2 (2020): 77-81.

Fitriyah, A., & Ramadani, S. D. (2021). Pengaruh pembelajaran STEAM berbasis PjBL (Project-Based Learning) terhadap keterampilan berpikir kreatif dan berpikir kritis. *Inspiratif Pendidikan*, 10(1), 209-226.

Rosa, N. M., & Suryadi, A. (2022). Penggunaan Google Classroom Pada Pembelajaran Kimia. *Jurnal Ilmiah Profesi Guru (JIPG)*, 3(1), 23-29.

Lestari, L., Aprilia, L., Fortuna, N., Cahyo, R. N., Fitriani, S., Mulyana, Y., & Kusumaningtyas, P. (2023). Laboratorium Virtual untuk Pembelajaran Kimia di Era Digital. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 5(1), 1-10.

Saputra, W. D., & Kurniawati, Y. (2021). Desain Media Pembelajaran Berbasis Android pada Materi Praktikum Pengenalan Alat Laboratorium Kimia Sekolah Menengah Atas. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(2), 268-276.

Akbar, Jakub Saddam. "Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran kimia." (2023).

Prastika, Nanda Diah, et al. "Kajian Literatur Pemanfaatan Teknologi Artificial Intelligence untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Siswa dalam Pembelajaran Kimia." *Jambura Journal of Educational Chemistry* 6.1 (2024): 47- 60.