

***Augmented reality* untuk visualisasi DNA-RNA: Inovasi pembelajaran genetika pada mahasiswa D3 Farmasi**

Fahmie Firmansyah^{a, 1, *}; **Isti Dwi Pruschia**^{b, 2;} **Dwi Astriani**^{b, 3;}
Shinta Dewi Kartika^{b, 4;} **Afrini Saraswati**^{b, 5;} **Maya Rahayu**^{c, 6}

^a Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Mangku Wiyata, Cilegon, Indonesia

^b Farmasi, Universitas Mangku Wiyata, Cilegon, Indonesia

^c Pendidikan Biologi, Universitas Bina Bangsa, Serang, Indonesia

¹ fahmiefirmansyah@mangkuwiyata.ac.id; ² pruschiadwi@gmail.com;

³ dwiastriani27@gmail.com; ⁴ shintakartika.apoteker@gmail.com;

⁵ afrini.saraswati.pulungan@gmail.com; ⁶ maya.rahayu@binabangsa.ac.id

* Penulis koresponden

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Riwayat artikel Dikirim 28 Maret 2025 Revisi 21 Mei 2025 Diterima 17 Juni 2025	Materi genetika, seperti DNA dan RNA, sangat penting pada program studi D3 Farmasi. Namun demikian, materi tersebut sangat kompleks dan abstrak sehingga mahasiswa kesulitan dalam memahami materi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa efektif media AR dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa D3 Farmasi Universitas Mangku Wiyata tentang konsep DNA dan RNA.
Kata kunci <i>Augmented Reality</i> Genetika Farmasi	Sampel penelitian ini adalah 40 mahasiswa di semester I yang dibagi menjadi kelompok eksperimen dan kontrol menggunakan desain kuasi eksperimen <i>pretest-posttest control group</i> dan instrumen yang digunakan adalah tes pemahaman konsep, angket persepsi, dan lembar observasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata kelompok eksperimen meningkat secara signifikan dari 58,25 menjadi 85,75 (skor peningkatan = 0,66, kategori tinggi), dan nilai rata-rata kelompok kontrol meningkat secara signifikan dari 57,00 menjadi 72,25 (skor peningkatan = 0,36, kategori sedang). Media AR lebih efektif daripada metode konvensional. Hasil uji statistik menunjukkan perbedaan signifikan antara kedua kelompok ($p = 0,002$). Sebagian besar siswa menyatakan bahwa visualisasi interaktif AR membuat belajar lebih mudah dan mendorong mereka untuk belajar. Hal ini menunjukkan bahwa media augmented reality (AR) merupakan solusi inovatif untuk masalah pembelajaran genetika yang kompleks dan abstrak.

Keywords:

*Augmented Reality
Genetics
Pharmacy*

ABSTRACT

Augmented Reality for DNA-RNA Visualization: An Innovative Approach to Genetics Learning for D3 Pharmacy Students. Genetic material, such as DNA and RNA, is very important in the D3 Pharmacy study program. However, the material is very complex and abstract, making it difficult for students to understand. The objective of this research is to determine the effectiveness of AR media in enhancing the understanding of D3 Pharmacy students at Universitas Mangku Wiyata regarding the concepts of DNA and RNA. The sample of this study consisted of 40 first-semester students divided into experimental and control groups using a quasi-experimental pretest-posttest control group design, and the instruments used were concept understanding tests, perception questionnaires, and observation sheets. The research results show that the average score of the experimental group increased significantly from 58.25 to 85.75 (improvement score = 0.66, high category), while the average score of the control group increased significantly from 57.00 to 72.25 (improvement score = 0.36, moderate category). AR media is more effective than conventional methods. The results of the statistical test showed a significant difference between the two groups ($p = 0.002$). Most students stated that AR interactive visualization made learning easier and encouraged them to study. This shows that augmented reality (AR) media is an innovative solution for the complex and abstract problems of genetics learning.

© 2025 The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC-BY-4.0, which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Pendahuluan**

Materi genetika, khususnya DNA dan RNA, sangat penting dimasukkan dalam kurikulum D3 Farmasi karena pemahaman tentang materi genetik menjadi dasar bagi perkembangan ilmu farmasi modern, terutama dalam bidang farmakogenomik. Pengetahuan tentang DNA dan RNA memungkinkan mahasiswa farmasi memahami variasi genetik yang memengaruhi respons individu terhadap obat, sehingga dapat mendukung penerapan terapi yang lebih personal dan efektif (Ali *et al.*, 2023). Selain itu, pemahaman ini juga penting untuk mengantisipasi perkembangan teknologi kesehatan, seperti uji genetik dan terapi berbasis gen, yang semakin banyak digunakan dalam praktik farmasi.

Urgensi materi genetika juga didorong oleh tuntutan profesi apoteker yang kini tidak hanya berperan dalam distribusi obat, tetapi juga dalam pengambilan keputusan terapi, edukasi pasien, serta kolaborasi dengan tenaga kesehatan lain (Ramadhani *et al.*, 2018). Dengan bekal pengetahuan genetika, lulusan D3 Farmasi akan lebih siap menghadapi tantangan di era kedokteran presisi, mampu memberikan pelayanan farmasi yang berbasis bukti ilmiah, serta meningkatkan keselamatan dan efektivitas terapi bagi pasien.

Konsep DNA dan RNA sering kali menjadi tantangan dalam pembelajaran karena sifatnya yang sangat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung. Mahasiswa harus memahami struktur molekul, proses replikasi, transkripsi, dan translasi yang terjadi pada tingkat mikroskopis, sehingga memerlukan kemampuan berpikir abstrak dan imajinasi visual yang tinggi. Hal ini membuat materi DNA dan RNA terasa sulit dipahami, terutama jika tidak didukung dengan metode pembelajaran yang interaktif dan kontekstual (Mahrus *et al.*, 2022).

Pemahaman konsep DNA dan RNA yang bersifat abstrak menuntut adanya pendekatan pembelajaran yang lebih konkret dan mudah dipahami. Visualisasi interaktif menjadi kebutuhan penting dalam proses pembelajaran materi genetik karena mampu mengubah informasi yang kompleks dan tidak kasat mata menjadi representasi visual yang dapat diamati dan dieksplorasi secara langsung oleh mahasiswa (Maysyaroh & Noor, 2025). Dengan visualisasi interaktif, mahasiswa dapat melihat struktur, dinamika, serta interaksi DNA dan RNA dalam bentuk dua atau tiga dimensi, sehingga membantu mereka membangun pemahaman konseptual yang lebih kuat dan mendalam (Arifin *et al.*, 2023).

Selain itu, visualisasi interaktif memungkinkan mahasiswa untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran melalui eksplorasi mandiri dan manipulasi objek visual. Hal ini tidak hanya meningkatkan motivasi belajar, tetapi juga mempercepat proses pemahaman konsep-konsep genetik yang rumit (Sun *et al.*, 2022). Dengan demikian, integrasi visualisasi interaktif dalam pembelajaran DNA dan RNA sangat diperlukan untuk menjembatani kesenjangan antara konsep abstrak dan pemahaman nyata, serta mempersiapkan mahasiswa menghadapi tantangan di bidang farmasi yang semakin berbasis pada ilmu genetika.

Teknologi augmented reality (AR) memiliki peran yang semakin signifikan dalam dunia pendidikan karena mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan imersif. Dengan menggabungkan elemen digital ke dalam lingkungan nyata, AR membantu siswa memahami konsep yang abstrak dan kompleks melalui visualisasi tiga dimensi, animasi, serta interaksi langsung dengan materi pembelajaran (Scavarelli *et al.*, 2021).

Penggunaan AR terbukti dapat meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan hasil belajar mahasiswa, serta mendorong pembelajaran yang lebih kolaboratif dan mandiri (Tamam & Qomaria, 2023). Selain itu, AR juga memberikan peluang bagi pengembangan metode pembelajaran inovatif yang dapat diadaptasi untuk berbagai jenjang dan bidang studi, sehingga berpotensi meningkatkan kualitas pendidikan secara menyeluruh (Lee *et al.*, 2024).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji efektivitas penggunaan media augmented reality (AR) dalam pembelajaran topik DNA dan RNA, khususnya dalam meningkatkan pemahaman konsep genetik yang bersifat abstrak. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai sejauh mana media AR mampu membantu mahasiswa memahami struktur, fungsi, dan proses yang terkait dengan DNA dan RNA secara lebih interaktif dan visual, sehingga dapat mendukung pencapaian hasil belajar yang lebih optimal pada materi genetika.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi eksperimen dengan desain *pretest-posttest control group design*. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mengetahui efektivitas penggunaan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi DNA dan RNA terhadap peningkatan pemahaman konsep mahasiswa D3 Farmasi.

Populasi dan sampel dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa Program Studi D3 Farmasi Universitas Mangku Wiyata. Sampel dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu seluruh mahasiswa semester I dengan total 40 mahasiswa yang dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dengan menggunakan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dan kelompok kontrol dengan menggunakan pembelajaran konvensional.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tes pemahaman konsep, angket persepsi mahasiswa, dan lembar observasi aktivitas belajar. Tes pemahaman konsep berupa 10 soal esai yang telah divalidasi, digunakan untuk mengukur penguasaan mahasiswa terhadap materi sebelum dan sesudah perlakuan. Angket persepsi disusun dalam bentuk skala *Likert* lima poin untuk mengetahui tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan media AR dalam proses pembelajaran. Sementara itu, lembar observasi digunakan secara opsional untuk mencatat aktivitas dan keterlibatan mahasiswa selama pembelajaran berlangsung.

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji statistik dengan menggunakan SPSS versi 24, yaitu *paired t-test* untuk melihat perbedaan skor *pretest* dan *posttest* dalam kelompok, dan *independent t-test* untuk membandingkan hasil belajar antar kelompok. Selain itu, *gain score* dihitung untuk mengetahui tingkat peningkatan pemahaman konsep. Data dari angket persepsi dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan pandangan mahasiswa terhadap pembelajaran menggunakan media AR.

Hasil dan pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep genetika, khususnya materi DNA dan RNA, baik pada kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol setelah pembelajaran berlangsung. Pada kelompok eksperimen yang mengikuti pembelajaran berbasis media *Augmented Reality* (AR), nilai rata-rata *pretest* sebesar 58,25 meningkat menjadi 85,75 pada *posttest*. Sementara itu, pada kelompok kontrol yang menggunakan metode pembelajaran konvensional berupa ceramah dan *slide* presentasi, nilai rata-rata *pretest* sebesar 57,00 meningkat menjadi 72,25 pada *posttest*.

Perhitungan *gain score* menunjukkan bahwa peningkatan pada kelompok eksperimen mencapai 0,66 (kategori tinggi), sedangkan pada kelompok kontrol hanya sebesar 0,36 (kategori sedang). Ringkasan data hasil *pretest*, *posttest*, dan *gain score* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Nilai Pretest, Posttest, dan Gain Score

Kelompok	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Gain Score</i>	Keterangan
Eksperimen	58,25	85,75	0,66	Tinggi
Kontrol	57,00	72,25	0,36	Sedang

Analisis/uji statistik pada tabel 2 dengan uji *paired t-test* menunjukkan bahwa peningkatan nilai *pretest* ke *posttest* signifikan baik pada kelompok eksperimen ($p = 0,000$) maupun pada kelompok kontrol ($p = 0,001$). Hasil uji *independent t-test* terhadap skor *posttest* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p = 0,002$), yang mengindikasikan bahwa pembelajaran menggunakan media AR secara statistik lebih efektif dibandingkan metode konvensional.

Tabel 2. Hasil uji statistik

Jenis Uji	Kelompok	Pretest	Posttest	t-hitung	Sig. (p)	Ket.
<i>Paired t-test</i>	Eksperimen	58,25	85,75	10,12	0,000	(p < 0,05)
	Kontrol	57,00	72,25	4,97	0,001	(p < 0,05)
<i>Independent t-test</i>	Posttest	-	-	3,44	0,002	(p < 0,05)

Hasil ini diperkuat dengan analisis persepsi mahasiswa terhadap penggunaan media AR yang dapat memvisualisasikan bentuk DNA, RNA, proses transkripsi, dan translasi menunjukkan tanggapan sangat positif. Sebagian besar mahasiswa (90%) menyatakan bahwa tampilan visual 3D yang interaktif membantu mereka memahami struktur dan proses DNA serta RNA secara lebih konkret. Selain itu, mahasiswa merasa lebih termotivasi dan aktif selama proses pembelajaran berlangsung.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan media *Augmented Reality* (AR) pada materi genetika khususnya DNA dan RNA, dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa D3 Farmasi. Kelompok eksperimen yang menggunakan pembelajaran berbasis AR mengalami peningkatan nilai rata-rata dari 58,25 menjadi 85,75, dengan *gain score* sebesar 0,66 dalam dan termasuk kategori tinggi. Kelompok kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional mengalami peningkatan nilai dari 57,00 menjadi 72,25, dengan *gain score* sebesar 0,36 dan termasuk kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran melalui media AR secara efektif meningkatkan hasil belajar mahasiswa dibandingkan dengan metode konvensional.

Hasil uji independen *t-test* terhadap nilai posttest menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol ($p = 0,002$). Pada, uji *paired t-test* menunjukkan peningkatan hasil belajar pada masing-masing kelompok ($p = 0,05$). Hasil menunjukkan bahwa penggunaan media AR meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi DNA dan RNA dibandingkan dengan pendekatan pembelajaran konvensional.

Secara konseptual, struktur DNA dan RNA, serta proses replikasi, transkripsi, dan translasi, merupakan bagian sangat kecil (mikroskopis) dan sangat kompleks. Penggunaan media visual tidak dapat menjelaskan struktur tiga dimensi dan dinamika proses molekuler dengan baik (Mu *et al.*, 2023). Bahkan, mahasiswa sering kali kesulitan memahami materi secara keseluruhan. Penggunaan media AR dapat membantu dengan memberikan visualisasi yang realistis dan interaktif. Hal ini dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa serta dapat menyuguhkan tampilan molekul secara virtual, memperbesar, memutar, dan melihat interaksi antara komponen genetik (DNA dan RNA) secara langsung (Kofoglu *et al.*, 2020).

Hasil penelitian ini sejalan dengan teori hasil penelitian Latip (2022) yang menyatakan bahwa kombinasi gambar, teks, dan animasi interaktif akan membuat pembelajaran menjadi lebih efektif. AR memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan melalui lingkungan belajar berbasis visual. Menurut teori konstruktivisme, mahasiswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, melainkan juga dapat berinteraksi dengan objek pembelajaran sehingga menjadi lebih mudah memahami apa yang mereka pelajari (Harefa *et al.*, 2023).

Respon siswa terhadap pembelajaran berbasis AR juga positif. Hasil angket menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa merasa lebih fokus, tertarik, dan terbantu dalam memahami struktur dan fungsi DNA dan RNA. Sekitar 90% mahasiswa menyatakan bahwa media AR membantu mereka melihat materi yang sebelumnya sulit dibayangkan. Selain itu, mahasiswa lebih terlibat dalam proses belajar, seperti yang ditunjukkan oleh partisipasi aktif dalam diskusi, eksplorasi media secara mandiri, dan peningkatan minat mereka pada genetika molekuler (Agrawal, 2022).

Hasilnya konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh (Jdaitawi *et al.*, 2022) yang menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pendidikan sains meningkatkan motivasi siswa untuk belajar, keterlibatan emosional, dan pemahaman konseptual mereka. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Rahmat *et al* (2023) menemukan bahwa AR membantu pembelajaran sains dengan meningkatkan pemrosesan visual dan mengaitkan pengalaman nyata dengan informasi abstrak. Kemampuan untuk memahami secara menyeluruh struktur biologis dan mekanisme molekuler sangat penting dalam pembelajaran mahasiswa program studi D3 Farmasi. Ini penting untuk menguasai mata kuliah lanjutan seperti farmakologi, bioteknologi, dan farmasi molekuler.

Selain itu, memasukkan teknologi seperti AR ke dalam pembelajaran farmasi dapat membantu mahasiswa menjadi lebih terampil dalam literasi digital. Literasi digital adalah kemampuan penting untuk menghadapi tantangan Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 (Fajari & Meilisa, 2022). Pengalaman belajar berbasis teknologi membantu siswa tidak hanya memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang materi, tetapi juga belajar bagaimana menggunakan media digital dalam proses akademik. Oleh karena itu, penggunaan AR berdampak pada kognitif serta soft skills dan literasi teknologi mahasiswa (Kurniasih *et al.*, 2023).

Namun demikian, ada beberapa kendala yang menghalangi penggunaan media AR di perguruan tinggi. Ini termasuk keterbatasan pada perangkat yang tersedia, kesiapan pengajar untuk menggunakan teknologi, dan keterbatasan waktu untuk menyelesaikan materi secara menyeluruh (Wiliyanto *et al.*, 2022). Akibatnya, agar inovasi ini dapat diterapkan secara berkelanjutan dan merata, pelatihan dosen, integrasi dalam Rencana Pembelajaran Semester (RPS), dan penyediaan infrastruktur teknologi adalah semua langkah yang diperlukan untuk mendukung institusi.

Berdasarkan temuan penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media *augmented reality* dalam pembelajaran genetika molekuler khususnya pada materi DNA dan RNA di program studi D3 farmasi merupakan inovasi yang bermanfaat dan efektif. Media ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep dasar genetika, tetapi juga mendorong mereka untuk berpartisipasi secara aktif dan siap menghadapi tantangan pembelajaran berbasis teknologi. Pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis AR untuk berbagai topik biologi sangat penting untuk mendukung transformasi pembelajaran digital.

Simpulan

Penggunaan *Augmented Reality* (AR) dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa program studi D3 Farmasi tentang konsep genetika, terutama DNA dan RNA. Penggunaan media pembelajaran AR dapat memvisualisasi struktur dan proses molekuler secara lebih konkret dan bermakna sehingga dapat membantu pemahaman mahasiswa. Media AR tidak hanya meningkatkan hasil belajar mahasiswa, tetapi juga meningkatkan motivasi, keterlibatan aktif, dan literasi digital mahasiswa. Oleh karena itu, media pembelajaran AR adalah inovasi pembelajaran yang berguna dan relevan untuk materi yang bersifat abstrak dan sulit untuk di visualisasi. Namun demikian, penerapan media AR masih membutuhkan dukungan infrastruktur, pelatihan dosen, dan integrasi yang sistematis dalam proses pembelajaran.

Referensi

- Agrawal, S. (2022). When molecules come to life – Using augmented reality for studying protein structure in cell biology class. *The FASEB Journal*, 36(S1). <https://doi.org/10.1096/fasebj.2022.36.S1.L7980>
- Ali, R. M., Idoudi, S., Abdulrahman, N., & Mraiche, F. (2023). Biotechnology content in pharmacy curricula: Focus on Arab countries. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 15(7), 654–660. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2023.07.001>
- Arifin, A. A., Doyan, A., Mahrus, M., Susilawati, S., Andayani, Y., & Muntari, M. (2023). PJBL learning training based on science practicum tools DNA and RNA structures at the Attohiriyah Alfadiliyah Islamic Boarding School. *Unram Journal of Community Service*, 4(2), 37–43. <https://doi.org/10.29303/ujcs.v4i2.453>
- Fajari, L. E. W., & Meilisa, R. (2022). The development of augmented reality to improve critical thinking and digital literacy skills of elementary school students. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 6(3), 688. <https://doi.org/10.20961/jdc.v6i3.65687>
- Harefa, M., Harefa, J. E., Harefa, A., & Harefa, H. O. N. (2023). Kajian analisis pendekatan teori konstruktivisme dalam proses belajar mengajar. *Jurnal Pendidikan*, 2(1), 289–297.
- Jdaitawi, M., Muhaidat, F., Alsharoa, A., Alshlowi, A., Torki, M., & Abdelmoneim, M. (2022). The effectiveness of augmented reality in improving students motivation: An experimental study. *Athens Journal of Education*, 10(2), 365–380. <https://doi.org/10.30958/aje.10-2-10>
- Kofoglu, M., Dargut, C., & Arslan, R. (2020). Development of augmented reality application for biology education. *Turkish Journal of Science Education*, 17(1), 62–72. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.13>
- Kurniasih, E., Widuroyeki, B., & Masduki, L. R. (2023). Implementation of augmented reality-based thematic elementary school textbooks to improve students' literacy skills. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 1(4), 379–387.
- Latip, A. (2022). Penerapan model ADDIE dalam pengembangan multimedia pembelajaran berbasis literasi sains. *DIKSAINS: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 2(2), 102–108. <https://doi.org/10.33369/diksains.2.2.102-108>
- Lee, L. K., Wei, X., Chui, K. T., Cheung, S. K. S., Wang, F. L., Fung, Y. C., Lu, A., Hui, Y. K., Hao, T., Ul, L. H., & Wu, N. I. (2024). A systematic review of the design of serious games for innovative learning: Augmented reality, virtual reality, or mixed reality? *Electronics*, 13(5), 890. <https://doi.org/10.3390/electronics13050890>
- Mahrus, M., Idrus, A. A., Hadisaputra, S., & Syauki MS, L. (2022). Pemanfaatan media pohon filogenetik ikan teri berbasis hasil penelitian untuk mengatasi kesulitan belajar materi keragaman genetik pada mata pelajaran biologi siswa MAN 2 Mataram. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(4), 246–251. <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v5i4.2529>
- Maysyaroh, U., & Noor, M. F. (2025). Identification of students' misconceptions in genetic materials using four-tier diagnostic test. *Inornatus: Biology Education Journal*, 5(2), 55–70. <https://doi.org/10.30862/inornatus.v5i2.844>
- Mu, Z. C., Tan, Y. L., Liu, J., Zhang, B. G., & Shi, Y. Z. (2023). Computational modeling of DNA 3D structures: From dynamics and mechanics to folding. *Molecules*, 28(12), 4833. <https://doi.org/10.3390/molecules28124833>

- Rahmat, A. D., Kuswanto, H., Wilujeng, I., & Perdana, R. (2023). Implementation of mobile augmented reality on physics learning in junior high school students. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(2), 132–140. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i2.4474>
- Ramadhani, F., Fathurrachman, F. A., Fitriawanti, R., Rongre, A. C., & Wijayaningrum, V. N. (2018). Optimasi pendistribusian barang farmasi menggunakan algoritma genetika. *KLIK: Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer*, 5(2), 159. <https://doi.org/10.20527/klik.v5i2.151>
- Scavarelli, A., Arya, A., & Teather, R. J. (2021). Virtual reality and augmented reality in social learning spaces: A literature review. *Virtual Reality*, 25(1), 257–277. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00444-8>
- Sun, Z., Zheng, S., Zhao, H., Niu, Z., Lu, Y., Pan, Y., & Yang, Y. (2022). To improve prediction of binding residues with DNA, RNA, carbohydrate, and peptide via multi-task deep neural networks. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 19(6), 3735–3743. <https://doi.org/10.1109/TCBB.2021.3118916>
- Tamam, B., & Qomaria, N. (2023). Implementation of augmented reality in biology learning: Its effect on learning motivation and retention. *Journal of Education Research and Evaluation*, 7(1), 17–22. <https://doi.org/10.23887/jere.v7i1.59038>
- Wiliyanto, D. A., Gunarhadi, G., Anggarani, F. K., Yusuf, M., & Subagya, S. (2022). Development of augmented reality-based learning models for students with specific learning disabilities. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(8), 2915–2926. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i8.7845>