

## The Development Concept of Enhanced Visualization-Based Augmented Reality Applications in Education

Che Musazaki Yusoff<sup>1</sup>, Norliza Ghazali<sup>1</sup>, Puteri Suhaiza  
Sulaiman<sup>2</sup>, Wan Rizhan<sup>3</sup>, Mohd Fadzil Abdul Hanid<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Educational Studies, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia, <sup>2</sup>Faculty of Computer Science and Information Technology, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia, <sup>3</sup>Faculty of Informatics and Computing, Universiti Sultan Zainal Abidin, 22200 Besut, Terengganu, Malaysia, <sup>4</sup>Faculty of Social Sciences and Humanities, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 UTM Skudai, Johor, Malaysia  
Email: alezg@upm.edu.my

To Link this Article: <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBSS/v14-i1/20413> DOI:10.6007/IJARBSS/v14-i1/20413

Published Date: 03 January 2024

### Abstrak

Kertas konsep ini membincangkan cadangan reka bentuk dan pembangunan aplikasi realiti terimbuh (AR) berasaskan visualisasi yang dipertingkatkan. Kajian pembangunan lepas menggunakan teknik berasaskan penanda dalam membangunkan aplikasi. Kajian pembangunan melibatkan teknik tanpa penanda dan pengecaman objek tiga dimensi (3D) dalam pendidikan masih kurang dijalankan. Kajian ini akan membangunkan aplikasi berasaskan visualisasi yang dipertingkatkan melalui penggunaan teknik pengecaman objek 3D. Teori dan model yang mendasari kajian terdiri daripada teori pembelajaran konstruktivisme, teori pembelajaran behaviorisme, model proses reka bentuk pengalaman pengguna (UX), dan visualisasi yang dipertingkatkan. Bagi menilai kebolegunaan aplikasi yang dibangunkan, model penilaian komponen UX digunakan. Reka bentuk dan pembangunan aplikasi AR menggunakan teknik pengecaman objek 3D diharapkan dapat mencapai nilai kesepakatan pakar melalui kaedah *Fuzzy Delphi* dan memberi pengalaman yang berbeza kepada pengguna melalui proses yang lebih dinamik tanpa menyasarkan imej dua dimensi (2D) sebagai penanda di samping dapat memenuhi penilaian komponen UX yang merangkumi persepsi produk, emosi pengguna, akibat penggunaan dan penilaian keseluruhan produk.

**Kata kunci:** Realiti Terimbuh, Pengecaman Objek, Pengalaman Pengguna, Teori Konstruktivisme, Teori Behaviorisme

### Abstract

This concept paper discusses the proposed design and development of augmented reality (AR) applications based on enhanced visualization. Previous development studies used marker-based techniques in developing applications. Development studies involving marker less techniques and three-dimensional (3D) object recognition in education are still understudied. This study will develop an application based on enhanced visualization through the use of 3D object recognition techniques. The theories and models underlying the study consist of constructivist learning theory, behaviourist learning theory, user experience (UX) design process models, and enhanced visualization. In order to evaluate the usability of the developed application, the UX component evaluation model is used. The design and development of AR applications using 3D object recognition techniques is expected to achieve the value of expert agreement through the Fuzzy Delphi method and provide a different experience to users through a more dynamic process without targeting two-dimensional (2D) images as markers while being able to meet the evaluation of UX components which includes product perception, consumer emotions, consequences of use and overall product evaluation.

**Keywords:** Augmented Reality, Object Recognition, User Experience, Constructivism Theory, Behaviourism Theory

### Pengenalan

Teknologi realiti terimbuh (AR) merupakan salah satu tunjang dalam Revolusi Industri 4.0. AR merupakan salah satu teknologi terkini yang digunakan dalam pelbagai bidang. Antaranya ialah pelancongan (Iglesia & Iglesia, 2023), sistem pengesanan dalaman (Shewail et al., 2023), automotif (Zuben & Viana, 2022), pendidikan (Wen, 2021) dan pelbagai bidang lain. AR ialah lapisan digital pada persekitaran fizikal, yang melekatkan unsur-unsur maya kepada dunia sebenar (Ronaghi & Ronaghi, 2022). Berbeza dengan simulasi, AR mengintegrasikan dan memberi nilai tambah kepada penglibatan pengguna dengan dunia sebenar (Hatta Mohamed Ali et al., 2022). Oleh itu, teknologi AR memberi pengalaman yang berbeza kepada pengguna melalui kandungan digital yang dijelmakan dalam persekitaran dunia sebenar.

Penggunaan teknologi AR dalam sistem pendidikan pada masa kini semakin berkembang pesat. Teknologi AR memberikan pengalaman interaktif persekitaran dunia sebenar dipertingkatkan oleh realiti maya janaan komputer (Shakirova et al., 2020) di samping memberi peluang kepada peningkatan prestasi murid (AlNajdi, 2022). Ia memberikan perspektif pengajaran dan pembelajaran yang berbeza berbanding kaedah konvensional kepada guru dan murid seperti penggunaan papan hitam atau putih serta persembahan power point yang boleh dikatakan agak ketinggalan (Arulanand et al., 2020). Tambahan pula, teknologi ini dikatakan mampu untuk menghubungkan antara aktiviti praktikal dengan teori melalui kandungan digital yang meliputi objek sebenar menerusi skrin telefon pintar (Dreimane & Daniela, 2021; Nordin et al., 2020). Justeru, teknologi AR merupakan alat pengajaran digital yang merupakan alternatif kepada kaedah pengajaran dan pembelajaran sedia ada yang berupaya untuk memberi pengalaman yang menyeronokkan selain daripada meningkatkan pencapaian melalui penggunaan telefon pintar.

Aplikasi AR terbahagi kepada lima jenis yang berbeza iaitu berasaskan penanda (*marker based*), tanpa penanda (*markerless*), berdasarkan lokasi (*location based*), berasaskan unjuran (*projection based*), dan *outlining based* (Devagiri et al., 2022). Berlainan pula dengan Aggarwal dan Singhal (2019) menyatakan jenis aplikasi AR merangkumi berasaskan penanda (*marker based*), tanpa penanda (*markerless*), berasaskan unjuran (*projection based*), dan

*superimposition based*. Teknik berasaskan penanda menjadikan imej 2D atau kod QR sebagai target manakala jenis tanpa penanda tidak menyasarkan kepada sebarang imej. Oleh yang demikian, penggunaan teknik yang berlainan dapat memberi kesan penggunaan yang berbeza dari aspek pengalaman, penglibatan, motivasi, dan pencapaian.

### **Jurang Kajian Dan Objektif**

Kertas kajian ini memperincikan konsep pembangunan aplikasi AR berasaskan visualisasi yang dipertingkatkan dalam pendidikan. Berdasarkan sorotan literatur, jenis berasaskan penanda paling banyak digunakan dalam pembangunan aplikasi AR dalam pendidikan (Hussein et al., 2023; Jalaluddin et al., 2020; Suprpto et al., 2020, 2021; Uiphanit et al., 2020). Teknik tanpa penanda dan teknik-teknik masih kurang digunakan dalam pembangunan aplikasi. Kajian (Lavicza et al., 2022) telah membangunkan aplikasi AR menggunakan teknik tanpa penanda bagi subjek matematik yang bertujuan untuk menilai aspek reka bentuk. Dalam kajian berlainan, aplikasi AR tanpa penanda bagi subjek Pencak Silat dibangunkan untuk menilai aspek reka bentuk dan juga pencapaian apabila menggunakannya daripada perspektif guru (Muktiani et al., 2022). Oleh itu, terdapat keperluan membangunkan aplikasi AR menggunakan teknik tanpa penanda bagi memberikan perspektif dan pengalaman yang berbeza kepada kesan pelaksanaannya.

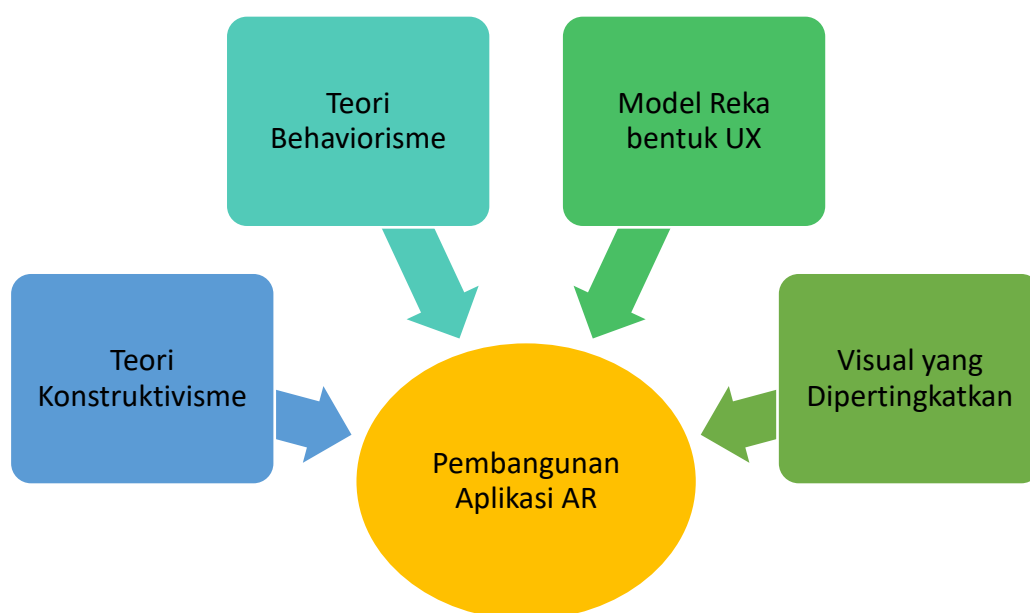
Teknik biasa dalam pengecaman objek adalah berasaskan komputer sepenuhnya yang memerlukan Unit Pemprosesan Grafik (GPU) yang berkuasa besar di samping kebiasaannya bukan berdasarkan masa nyata (Nafea et al., 2022). Aplikasi AR memerlukan data digital bertindih masa nyata (*real-time superimposed digital data*) untuk membolehkan pengguna meningkatkan pandangan atau visual mereka. Dalam konteks kajian ini, visualisasi yang dipertingkatkan adalah merupakan penggunaan teknik pengecaman objek tiga dimensi (3D) melibatkan proses penggunaan yang lebih dinamik. Pengecaman objek 3D yang telah dikenal pasti akan memaparkan kandungan digital seperti perkataan, kandungan 2D atau 3D, video, audio, dan sebagainya.

Seterusnya, teori dan model yang mendasari kajian pembangunan aplikasi AR ini turut dibincangkan. Varpio et al. (2020) menyatakan kerangka teori merupakan satu set koleksi teori yang mendasari kajian digunakan dalam mereka bentuk kajian yang dibina oleh penyelidik untuk melaksanakan sesuatu kajian. Kerangka teori kajian bertujuan untuk membincangkan kaedah Teori Konstruktivisme dan Teori Behaviorisme yang diaplikasikan dalam membangunkan alat pengajaran yang dijelmakan dengan teknologi AR. Teori pembelajaran konstruktivisme secara asasnya terdiri daripada dua aspek iaitu makna pembelajaran (apa itu pembelajaran) dan kaedah pembelajaran (cara belajar) (Qiu, 2019). Dalam konteks kajian ini, pengetahuan dikembangkan secara aktif oleh murid dan diterima secara aktif dari persekitarannya. Murid menggunakan aplikasi AR bagi mempelajari kemahiran seterusnya secara aktif untuk mencipta pengetahuan baru.

Sementara itu, teori pembelajaran behaviorisme juga penting untuk melihat perubahan tingkah laku murid apabila menggunakan alat pengajaran semasa proses pengajaran dan pembelajaran. Pembelajaran telah dianggap berlaku apabila terdapat perubahan tingkah laku oleh murid. Penggunaan dan latihan secara berulang akan menjadi kebiasaan untuk mendapat hasil yang diinginkan (Shahbana et al., 2020). Hasil interaksi antara pengguna dengan alat pengajaran berasaskan teknologi AR serta perubahan tingkah laku dapat memberi implikasi yang positif terhadap proses pengajaran dan pembelajaran. Secara umumnya, teori-teori ini cuba untuk menangani isu kaedah menstrukturkan amalan pengajaran berbantuan teknologi dan menggunakan strategi pembelajaran berasaskan

bahan serta interaksi dengan persekitaran dapat memberi kesan yang signifikan terhadap pembelajaran yang lebih efektif.

Model proses reka bentuk pengalaman pengguna (UX) diadaptasi daripada Hammady et al. (2018) digunakan dalam mereka bentuk dan membangunkan aplikasi AR dalam pendidikan. Reka bentuk berasaskan UX merupakan proses meningkatkan keupayaan sesuatu aplikasi atau produk terhadap kepuasan pengguna daripada aspek penggunaan, kebolehcapaian, dan kepuasan semasa berinteraksi dengan aplikasi atau produk (Ariawan et al., 2020; Setiawansyah et al., 2021). Selepas proses pembangunan selesai, aplikasi perlu melalui fasa penilaian sama ada penilaian keberkesanan atau penilaian kebolehgunaan. Dalam konteks kajian ini, penilaian kebolehgunaan akan digunakan berasaskan komponen UX. Penilaian ini merangkumi empat komponen iaitu persepsi produk, emosi pengguna, akibat penggunaan dan penilaian keseluruhan produk yang dapat memberi impak yang menyeluruh kepada kepuasan dan pengalaman pengguna (Minge et al., 2017). Penilaian terhadap aplikasi AR yang dibangunkan kurang diberi penekanan seperti aspek pendidikan yang mana perlu memenuhi tiga kriteria utama iaitu prestasi teknologi, pembinaan maklumat, dan nilai pendidikan (Dreimane & Daniela, 2021). Tambahan pula Alamäki et al. (2021) mendapati kajian terhadap peranan faktor emosi dalam mengadaptasi teknologi AR masih kurang dijalankan. Rajah 1 menunjukkan kerangka teori bagi pembangunan aplikasi AR berasaskan visualisasi yang dipertingkatkan dalam pendidikan.



Rajah 1. Cadangan Kerangka Teori Kajian

Terdapat 2 objektif utama dalam kajian ini iaitu:

1. Mereka bentuk dan membangun aplikasi AR berasaskan visualisasi yang dipertingkatkan menggunakan teknik pengecaman objek 3D dalam pendidikan.
2. Menilai kebolehgunaan aplikasi AR yang dibangunkan berasaskan empat komponen UX.

### Jangkaan Keputusan Dan Perbincangan

Untuk mencapai objektif yang dinyatakan, kajian ini mempertimbangkan menggunakan pendekatan Penyelidikan Reka bentuk dan Pembangunan (PRP) atau dikenali dengan nama

PRP ubahsuai oleh (Saedah et al., 2020) yang terdiri daripada tiga fasa iaitu fasa analisis keperluan, fasa reka bentuk dan pembangunan, dan fasa penilaian. PRP atau nama lainnya *Design and Development Research Approach* (DDR) menurut Richey & Klein (2007), merupakan satu pendekatan reka bentuk dan pembangunan. Selain itu, pendekatan penyelidikan reka bentuk dan pembangunan merupakan sejenis konsep penyelidikan di mana kajian pembangunan yang sistematik dan teratur dibangunkan. Kajian ini adalah untuk melihat reka bentuk, pembangunan dan proses penilaian kebolegunaan bagi aplikasi AR berasaskan visualisasi yang dipertingkatkan.

Bagi mencapai objektif pertama, prototaip aplikasi akan dibangunkan pada fasa reka bentuk dan pembangunan. Prototaip aplikasi AR dibangunkan berasaskan visualisasi yang dipertingkatkan menggunakan teknik pengecaman objek 3D serta mengambil kira aspek-aspek UX untuk menjadikan sesuatu pembelajaran lebih bermakna. Pembangunan ini biasanya melibatkan perisian *Unity 3D*, *Vuforia* dan penyuntingan model 3D. Setelah itu (.apk) fail dihasilkan untuk kegunaan dalam peranti mudah alih. Ia bertujuan untuk menyokong proses pengajaran dan pembelajaran sedia ada supaya guru dan murid lebih memahami sesuatu kemahiran melalui penggunaan teknologi AR. Prototaip aplikasi AR yang dibangunkan bukanlah bertujuan untuk menggantikan pendekatan pengajaran dan pembelajaran sedia ada, sebaliknya ia memberikan nilai tambah kepada hasil pembelajaran yang diharapkan. Sekumpulan pakar akan dipilih untuk menilai elemen-elemen dalam prototaip aplikasi AR yang dibangunkan melalui nilai kesepakatan yang bakal diperolehi.

Selain itu, penilaian kebolegunaan akan dilaksanakan berasaskan model penilaian UX untuk mencapai objektif kedua. Ia meliputi persepsi produk, emosi pengguna, akibat penggunaan dan penilaian keseluruhan produk yang dapat memberi impak yang menyeluruh kepada kepuasan dan pengalaman pengguna.

### **Kesimpulan**

Kertas konsep ini dijangka dapat memberi gambaran yang jelas dan bersesuaian dengan penyelidikan yang dicadangkan. Penyelidikan yang dirancang ini dijangka akan menghasilkan data dan hasil yang akan membantu dalam mereka bentuk, membangun, dan menilai kebolegunaan aplikasi AR berasaskan visualisasi yang dipertingkatkan. Reka bentuk dan pembangunan aplikasi AR menggunakan teknik pengecaman objek 3D diharapkan dapat memberi pengalaman yang berbeza kepada pengguna melalui proses yang lebih dinamik tanpa menyasarkan imej 2D sebagai penanda di samping dapat memenuhi penilaian komponen UX. Seterusnya, aplikasi AR yang dibangunkan dapat digunakan oleh penyelidik yang ingin menjalankan kajian keberkesanan bagi melihat kesan penggunaan dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Akhirnya, aplikasi AR boleh dipelbagaikan teknik pembangunan supaya penggunaan teknologi sebagai alat pengajaran dapat dipertingkatkan penggunaannya.

### **Penglibatan Pengkaji**

Pengkaji mengesahkan bahawa tiada konflik kepentingan dalam artikel ini. Pengkaji 1 menyediakan tinjauan literatur dan menyediakan kaedah yang dinyatakan. Pengkaji 2, 3, dan 4 menyelia pemilihan sorotan literatur, mencadangkan metodologi dan melihat pengkajian keseluruhan artikel.

### Pengiktirafan

Kertas konsep ini berdasarkan cadangan kajian PhD yang telah dipersetujui oleh jawatankuasa penyeliaan. Terima kasih yang tidak terhingga kepada jawatankuasa penyeliaan dan universiti yang mengambil bahagian: UniSZA dan UTM.

### Refernces

- Aggarwal, R., & Singhal, A. (2019). Augmented Reality and its effect on our life. *Proceedings of the 9th International Conference On Cloud Computing, Data Science and Engineering, Confluence 2019*, 510–515. <https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2019.8776989>
- Alamäki, A., Dirin, A., & Suomala, J. (2021). Students' expectations and social media sharing in adopting augmented reality. *International Journal of Information and Learning Technology*, 38(2), 196–208. <https://doi.org/10.1108/IJILT-05-2020-0072>
- AlNajdi, S. M. (2022). The effectiveness of using augmented reality (AR) to enhance student performance: using quick response (QR) codes in student textbooks in the Saudi education system. *Educational Technology Research and Development*, 70(3), 1105–1124. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10100-4>
- Ariawan, M. D., Triayudi, A., & Sholihati, I. D. (2020). Perancangan User Interface Design dan User Experience Mobile Responsive Pada Website Perusahaan. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(1), 161. <https://doi.org/10.30865/mib.v4i1.1896>
- Arulanand, N., RameshBabu, A., & Rajesh, P. K. (2020). Enriched learning experience using augmented reality framework in engineering education. *Procedia Computer Science*, 172(2019), 937–942. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.135>
- Devagiri, J. S., Paheding, S., Niyaz, Q., Yang, X., & Smith, S. (2022). Augmented Reality and Artificial Intelligence in industry: Trends, tools, and future challenges. *Expert Systems with Applications*, 207(July), 118002. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118002>
- Dreimane, S., & Daniela, L. (2021). Educational Potential of Augmented Reality Mobile Applications for Learning the Anatomy of the Human Body. *Technology, Knowledge and Learning*, 26(4), 763–788. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09461-7>
- Hammady, R., Ma, M., & Powell, A. (2018). User Experience of Markerless Augmented Reality Applications in Cultural Heritage Museums: 'MuseumEye' as a Case Study. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 10851 LNCS*. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95282-6\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95282-6_26)
- Hatta Mohamed Ali, M., Hani, M., Noormashetah Halim, S., Muhamad Azli, N., Balqiz Zamri, M., Faheeda Abdul Samad, S., Tun Hussein Onn Malaysia, U., & Panchor, J. (2022). Let's Calculate Kids: The Development of 3D Augmented Reality Mobile Learning Apps to Enhance Learning Engagement in Basic Calculation for Preschools MALAYSIA \*Corresponding Author Designation. *Multidisciplinary Applied Research and Innovation*, 3(1), 60–69. <https://doi.org/10.30880/mari.2022.03.01.009>
- Hussein, H. A., Ali, M. H., Al-Hashimi, M., Majeed, N. T., Hameed, Q. A., & Ismael, R. D. (2023). The Effect of Web Augmented Reality on Primary Pupils' Achievement in English. *Applied System Innovation*, 6(1), 1–20. <https://doi.org/10.3390/asi6010018>
- Iglesia, G., & Iglesia, J. G. (2023). Augmented Reality Limitations. *Anuario Electrónico de Estudios En Comunicación Social "Disertaciones,"* 16(1), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/disertaciones/a.11991>
- Jalaluddin, I., Ismail, L., & Darmi, R. (2020). Developing Vocabulary Knowledge among Low

- Achievers : Mobile Augmented Reality ( MAR ) Practicality. *International Journal of Information and Education Technology*, 10(11), 813–819. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2020.10.11.1463>
- Lavicza, Z., Weinhandl, R., Prodromou, T., An, B., Lieban, D., Hohenwarter, M., Fenyvesi, K., Brownell, C., & Manuel, J. (2022). Developing and Evaluating Educational Innovations for STEAM Education in Rapidly Changing Digital Technology Environments. *Sustainability (Switzerland)*, 14(12), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14127237>
- Minge, M., Thüring, M., Wagner, I., & Kuhr, C. V. (2017). The meCUE questionnaire: A modular tool for measuring user experience. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 486, 115–128. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-41685-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-41685-4_11)
- Muktiani, N. R., Rahayu, S., & Ardiyanto, H. (2022). Augmented reality mobile app-based multimedia learning of Pencak Silat to enhance the junior high school students' learning outcomes. *Cakrawala Pendidikan: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 41(2), 553–568. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/cp.v41i2.49217>
- Nafea, M. M., Tan, S. Y., Jubair, M. A., & Abd, M. T. (2022). A Review of Lightweight Object Detection Algorithms for Mobile Augmented Reality. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(11), 536–546. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0131162>
- Nordin, N. A. A., Majid, N. A. A., & Zainal, N. F. A. (2020). Mobile augmented reality using 3d ruler in a robotic educational module to promote stem learning. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(6), 2499–2506. <https://doi.org/10.11591/eei.v9i6.2235>
- Qiu, J. (2019). A preliminary study of english mobile learning model based on constructivism. *Theory and Practice in Language Studies*, 9(9), 1167–1172. <https://doi.org/10.17507/tpls.0909.13>
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and Development Research*. Routledge.
- Ronaghi, M. H., & Ronaghi, M. (2022). A contextualized study of the usage of the augmented reality technology in the tourism industry. *Decision Analytics Journal*, 5(June), 100136. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100136>
- Saedah, S., Muhammad Ridhuan Tony Lim, A., & Rozaini Myhamad, R. (2020). *Pendekatan penyelidikan rekabentuk dan pembangunan: Aplikasi kepada penyelidikan pendidikan*. UPSI.
- Setiawansyah, S., Adrian, Q. J., & Devija, R. N. (2021). Penerapan Sistem Informasi Administrasi Perpustakaan Menggunakan Model Desain User Experience. *Jurnal Manajemen Informatika (JAMIKA)*, 11(1), 24–36. <https://doi.org/10.34010/jamika.v11i1.3710>
- Shahbana, E. B., Kautsar farizqi, F., & Satria, R. (2020). Implementasi Teori Belajar Behavioristik Dalam Pembelajaran. *Jurnal Serunai Administrasi Pendidikan*, 9(1), 24–33. <https://doi.org/10.37755/jsap.v9i1.249>
- Shakirova, N., Al Said, N., & Konyushenko, S. (2020). The Use of Virtual Reality in Geo-Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(20), 59–70. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i20.15433>
- Shewail, A. S., Elsayed, N. A., & Zayed, H. H. (2023). Survey of indoor tracking systems using augmented reality. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 12(1), 402–414. <https://doi.org/10.11591/ijai.v12.i1.pp402-414>
- Suprpto, N., Ibisono, H. S., & Mubarak, H. (2021). The Use of Physics Pocketbook Based on Augmented Reality on Planetary Motion to Improve Students' Learning Achievement. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 526–540.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.3926/jotse.1167> It
- Suprpto, N., Nandyansah, W., & Mubarok, H. (2020). An Evaluation of the “ PicsAR ” Research Project : An Augmented Reality in Physics Learning. *International Journal of Emerging Technology in Learning*, 15(10), 113–125.
- Uiphanit, T., Unekontee, J., Wattanaprapa, N., & Rakbumrung, W. (2020). Using Augmented Reality ( AR ) for Enhancing Chinese Vocabulary Learning. *International Journal of Emerging Technology in Learning*, 15(17), 268–276. <https://doi.org/https://doi.org/10.3991/ijet.v15i17.15161>
- Varpio, L., Paradis, E., Uijtdehaage, S., & Young, M. (2020). The Distinctions Between Theory, Theoretical Framework, and Conceptual Framework. *Academic Medicine*, 95(7), 989–994. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000003075>
- Wen, Y. (2021). Augmented reality enhanced cognitive engagement: designing classroom-based collaborative learning activities for young language learners. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 843–860. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09893-z>
- Zuben, A. Von, & Viana, F. A. C. (2022). Generative adversarial networks for extrapolation of corrosion in automobile images. *Expert Systems with Applications*, 213(PA), 118849. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118849>