

AUGMENTED REALITY ENGINE MANAGEMENT SYSTEM YANG BERBASISAN ANDROID PADA PELAJARAN KELISTRIKAN SISTEM KONTROL INJEKSI

Marji¹, Komarudin², Imam Muda Nauri³, Erwin Komara Mindarta⁴

¹⁻⁴Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang

¹marji.ft@um.ac.id, ²komarudin.ft@um.ac.id, ³imam.muda.ft@um.ac.id,

⁴erwin.komara.ft@um.ac.id

Abstrak

Berdasarkan hasil observasi diperoleh bahwa tidak banyak siswa yang lulus kompetensi perawatan system kontrol injeksi. Kompetensi kelistrikan memerlukan kemampuan mengidentifikasi letak komponen kelistrikan, nama komponen, dan cara kerja sistem injeksi. Platform android dapat dipergunakan sebagai media pembelajaran sistem kontrol mesin injeksi yang berbasis *augmented reality*. Perkembangan pendidikan berubah seiring dengan perkembangan teknologi saat ini dan mempengaruhi proses pembelajaran, metode pembelajaran. Teknologi Augmented Reality (AR) menjadi tren di pendidikan dengan menggabungkan dunia digital dan dunia nyata, sehingga meningkatkan kualitas kegiatan belajar mengajar. siswa yang memanfaatkan aplikasi AR berhasil menyelesaikan masalah. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE. Instrument yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian adalah angket yang diisi oleh ahli, praktisi, dengan menggunakan skala Likert. Augmented reality di validasi oleh ahli media, ahli otomotif, guru dan siswa. Hasil validasi menunjukkan AR valid dilihat dari aspek Tampilan, Pengetahuan, Kemudahan, dan Kelengkapan.

Kata kunci: Sekolah Menengah Kejuruan, Augmented Reality, ADDIE.

Abstract

Based on the results of observations, it was found that not many students passed the injection control system maintenance competency. Electrical competency requires the ability to identify the location of electrical components, component names, and how the injection system works. The Android platform can be used as a learning medium for injection machine control systems based on augmented reality. The development of education changes along with current technological developments and influences the learning process and learning methods. Augmented Reality (AR) technology is becoming a trend in education by combining the digital world and the real world, thereby improving the quality of teaching and learning activities. students who utilize AR applications successfully solve problems. This research uses the ADDIE development model. The instrument used to collect research data is a questionnaire filled out by experts and practitioners, using a Likert scale. Augmented reality is validated by media experts, automotive experts, teachers and students. The validation results show that AR is valid from the aspects of Appearance, Knowledge, Convenience and Completeness.

Keywords: Vocational High School, Augmented Reality, ADDIE.

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) adalah jejang pendidikan yang bertujuan untuk mempersiapkan lulusannya bekerja sesuai bidang yang dipelajari. Lulusan SMK akan bekerja di bidang otomotif. Salah satu kompetensi yang harus dikuasai adalah perawatan kelistrikan system kontrol injeksi. Kompetensi ini diujikan saat ujian kompetensi kejuruan (UKK). Berdasarkan hasil observasi diperoleh bahwa tidak banyak siswa yang lulus kompetensi perawatan system kontrol injeksi. Kompetensi kelistrikan memerlukan kemampuan mengidentifikasi letak komponen

kelistrikan, nama komponen, dan cara kerja system injeksi. Materi kelistrikan adalah mata pelajaran yang tidak disenangi siswa. Kondisi itu menyebabkan hasil belajar tidak maksimal sehingga perlu ditingkatkan (Widodo, 2012). Pembelajaran perbaikan kelistrikan system kontrol memerlukan media untuk membantu siswa mengetahui letak komponen, fungsi, dan cara kerja komponen-komponen kelistrikan. Media yang ada saat ini berupa engine stand sehingga hanya bisa dipergunakan di sekolah.

Menyikapi permasalahan itu, perlu adanya media yang mempermudah siswa

mempelajari kompetensi pemeliharaan kelistrikan. Perkembangan teknologi informatika memberikan pengaruh terhadap perdagangan, industry, kedokteran dan pendidikan (Daineko et al., 2022). Kondisi ini perlu disikapi dengan positif dengan melakukan inovasi pembelajaran yang berbasis teknologi, seperti dengan dengan memanfaatkan smartpone sebagai sarana belajar. Smartpone dipergunakan untuk berbagai tujuan termasuk dalam pembelajaran (Rizal et al., 2020): (Wirawan et al., 2020). Ponsel yang berbasis android dapat menunjang proses pembelajaran untuk memahami siswa tentang proses kerja mesin injeksi. Ponsel berpotensi menjadi sumber belajar terutama pada masa kini (Risdianto, 2019). Aplikasi android dapat mempermudah siswa untuk memahami materi. Guru dapat menggunakan ponsel untuk menyampaikan materi.

Platform android dapat dipergunkan sebagai media pembelajaran system kontrol mesin injeksi yang berbasis augmented reality (Kurniawan & Hidayah, 2021). Materi itu memerlukan pemahaman yang baik sehingga diperlukan media belajar yang dapat dipelajari di rumah. Kemudahan untuk mempelajari materi kelistrikan istem kontrol injeksi dapat membantu siswa saat bekerja.

Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan aplikasi Engine Management System yang berbasis augmented reality yang memanfaatkan android. Aplikasi itu dapat menciptakan pembelajaran yang menyenangkan dan memberikan visualisasi konsep materi yang abstrak sehingga siswa mudah memahami materi. Penelitian ini memberikan kontribusi pembelajaran interaktif yang berbasis android. selain itu, penelitian ini juga dapat membantu mewujudkan era “merdeka belajar”.

Android beberapa dekade ini menjadi salah satu system operasional ponsel di Indonesia (Asmianto et al., 2022). Harga smartpone android terjangkau sehingga dapat dibeli dan merupakan alat komunikasi (Gunawan et al., 2017). Handphone berbasis android biasanya diinstal dengan platform pembelajaran. Pembelajaran menggunakan ponsel mempermudah siswa untuk belajar tanpa dibatasi waktu dan tempat

(Abbas et al., 2021). Penanfaatan pembelajaran menggunakan hanphon bermanfaat untuk meningkatkan kemampuan berfikir dan motivasi belajar. Banyak penelitian yang mengembangkan pembelajaran yang berbasis android misalnya pembelajaran matematika (Sunismi, 2004), materi kuliah diploma (Ismail, 2016), perakitan computer (Wirawan et al., 2018).

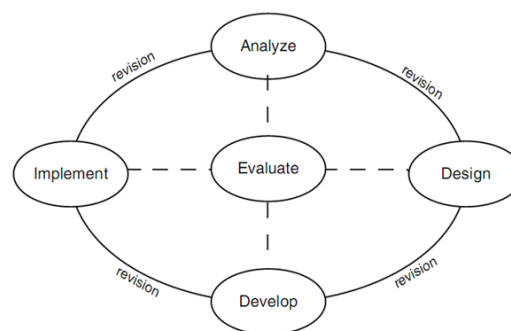
Perkembangan pendidikan berubah seiring dengan perkembangan teknologi saat ini dan mempengaruhi proses pembelajaran, metode pembelajaran (Hong et al., 2022). Salah satu Perangkat seluler kini dianggap hanya sebagai sarana komunikasi dan interaksi antara siswa dan guru (Daineko et al., 2022). Seluler tidak hanya alat komunikasi namun bisa menjadi media pembelajaran seperti dengan memanfaatkan augmented reality (Novaliendry et al., 2021). Teknologi Augmented Reality (AR) menjadi tren di pendidikan dengan menggabungkan dunia digital dan dunia nyata, sehingga meningkatkan kualitas kegiatan belajar mengajar. siswa yang memanfaatkan aplikasi AR berhasil menyelesaikan masalah (Fadzil et al., 2022). AR adalah teknologi baru yang menggabungkan objek virtual dan lingkungan dunia nyata untuk meningkatkan imajinasi siswa (Cahyana, 2023). Augmented Reality (AR) adalah teknologi baru yang berkembang dapat meningkatkan pengalaman belajar dengan membuat pembelajaran lebih menarik yang menguntungkan dalam proses belajar mengajar, dan membantu pemahaman materi-materi yang abstrak (Basri, 2023) (Roumba & Nicolaidou, 2022). Dengan melihat objek melalui perangkat yang didukung seperti web, ponsel, dan tablet, sehingga dapat diakses dimana saja dan kapan saja (Ratnawati et al., 2022).

Wirawan's (Hong et al., 2022) Penelitian Wirawan (Hong et al., 2022) dirancang dalam perangkat pembelajaran yang diberi nama “Kit Pengembara” untuk pembelajaran topik “Arah Angin” dan “Bantalan Malaikat”, mata pelajaran Geografi Formulir 1. Selain itu, Kit Pengembara ini juga mengintegrasikan aplikasi UniteAR bagi pengguna untuk menyelesaikan tugas tertentu menggunakan augmented reality. Artikel ini memberikan ringkasan kepada para pendidik tentang inovasi pengajaran mereka yang terintegrasi secara teknologi yang

meningkatkan keterlibatan siswa. Hasil penelitian (Kusumah et al., 2022) menunjukkan bagaimana pembelajaran yang menggabungkan augmented reality ke dalam 6E I3DGM dapat meningkatkan proses berpikir geometri 3D dalam hal pengukuran, representasi, dan struktur spasial. Hal ini disebabkan kemampuan bawaan AR yang dapat membantu siswa segera mengekspresikan dan memvisualisasikan bentuk 3D. Hasilnya, siswa akan lebih mampu menghitung volume dan luas permukaan bentuk geometris tiga dimensi. Penelitian (Hakiki et al., 2022) menggunakan Teknologi hologram dan augmented reality dapat mengatasi masalah penelitian. Ketika digunakan sebagai alat pengajaran, Permainan Ludo dapat membantu meningkatkan minat siswa terhadap apa yang mereka pelajari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: membuat sumber belajar tentang bentuk molekul menggunakan *augmented reality*, hologram, dan permainan Ludo; dan menentukan apakah sumber belajar ini layak. penelitian (Martín-Gutiérrez et al., 2015) menggunakan AR manual telah diterapkan di pelatihan. Penggunaan Elect AR manual memberikan siswa sikap positif dan otonomi selama pelatihan, dan juga mengurangi dedikasi guru kepada setiap siswa, sehingga meningkatkan keselamatan di laboratorium. Perlu digaris bawahi bahwa augmented reality adalah teknologi hemat biaya untuk memberikan siswa konten yang lebih menarik daripada kertas, memperluas pengalaman di laboratorium lain seperti teknik mesin dan hidrolik yang dapat membantu mengatasi kesalahan pada peralatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE. Dipilihnya model ADDIE dikarenakan model ini memiliki beberapa keunggulan antara lain: *interdependent*, *synergistic*, *dynamic*, *cybernetic*, dan *systematic* (Branch, 2009). Model ini cocok dipergunakan untuk mengembangkan media pembelajaran.



Gambar 1. Alur Pengembangan Media EMS AR

Pertama proses analisis. Ada beberapa aspek yang dianalisis yaitu, analisis media yang ada di sekolah, analisis kepuasan peserta didik ketercapaian tujuan, aspek ketercapaian dapat dilihat dari dua sudut pandang yaitu sudut pandang pengajar dan sudut pandang peserta didik.

Dalam Proses desain, desain media AR didasarkan pada hasil analisis kebutuhan dan kondisi yang ada di sekolah. Pada proses desain peneliti meminta masukan dari ahli otomotif dan ahli bidang studi supaya bentuk media sesuai dengan kebutuhan mengajar di kelas teori.

Selanjutnya adalah fase pengembangan. Fase ini tergantung pada dua fase pertama, yaitu fase analisis dan desain. Pengembangan media engine management system berbasis AR dibuat dengan memperhatikan kemudahan untuk dioperasikan, kemampuan dalam menyampaikan informasi dan kemudahan untuk berpindah dari kelas ke kelas.

Setelah produk selesai dikembangkan, proses berlanjut ke fase implementasi. Fase ini adalah tentang mengubah rencana kita menjadi tindakan. Aplikasi EMS AR diimplementasikan di SMK dengan jumlah sampel 30 siswa.

Akhirnya, setelah fase implementasi dijalankan, penelitian berlanjut ke fase evaluasi. Tahap evaluasi adalah tahapan pengumpulan data penelitian yang bertujuan untuk menguji aplikasi yang telah dikembangkan. Data penelitian dikumpulkan menggunakan angket.

Instrumen Penelitian

Instrument yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian adalah angket yang diisi oleh ahli media, praktisi, dengan menggunakan skala Likert. Kuesioner untuk ahli terdiri dari dua bagian yaitu kuesioner

untuk mengukur validitas isi dan validitas konstruk. Sedangkan kuesioner untuk praktisi dan mahasiswa digunakan untuk mengukur kepraktisan penerapan dengan indikator efektifitas, interaktif, efisiensi, dan kekreatifan. Validitas dikumpulkan dengan menggunakan kuesioner yang diisi oleh ahli otomotif, praktisi pendidikan. Uji Validitas bertujuan untuk mengukur isi dan konstruk aplikasi yang dibuat. Hasil uji validitas dipergunakan untuk menentukan aplikasi yang dibuat valid atau tidak. Jika tidak valid maka harus diperbaiki. Selain kuesioner ahli evaluasi aplikasi diisi oleh siswa SMK yang telah mempergunakan.

Analisis Data Penelitian

Data penelitian dianalisis deskriptif (mean) yang bertujuan mengetahui kriteria validitas aplikasi yang telah dibuat. Data penelitian juga dipergunakan untuk mengukur reliabilitas aplikasi dengan menguji nilai Cronbach Alpha (α). Produk dan perangkat dikatakan reliabel jika nilai $\alpha > 0,6$. Angket kepraktisan oleh guru dan siswa dianalisis deskriptif (mean). Kriteria penentuan validitas dan praktikalitas dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Kriteria Validitas

Rentang Nilai	Deskripsi
$\pm 0,7$ s/d 1,00	Strong
$\pm 0,3$ s/d 0,69	Moderate
$\pm 0,00$ s/d 0,29	None/to weak

Sumber: Jackson, 2009

HASIL DAN PEMBAHASAN

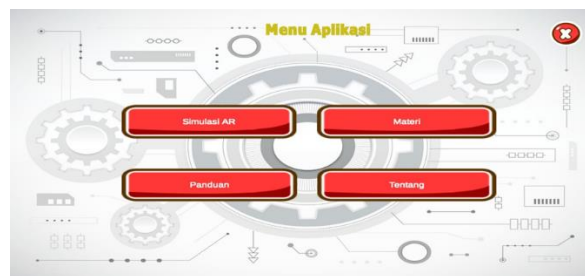
Pengembangan Aplikasi Engine Management System yang Berbasiskan Augmented Reality

Pengembangan aplikasi *engine management system* didasarkan pada teori gamifikasi struktur, pengalaman kerucut edger dale, multi representasi, dan konstruktivisme. Teori gamifikasi struktural oleh karl M kapp menyatakan menerapkan elemen permainan untuk menyemangati peserta didik tanpa adanya perubahan isi. Isi dari pelajaran tidak dirubah, hanya merubah penyajian pembelajarannya saja (Kapp.M.Karl, 2012). Aplikasi yang berbasis Augmented reality memberikan kesempatan yang lebih bebas dan pengalaman yang bermakna. Teori Edgar Dale menyatakan bahwa hasil belajar didapatkan dari proses

belajar langsung atau mungkin belajar dari benda-benda yang sepadan dengan metode buatan. Pengalaman memberikan tingkat memori dan pemahaman tertinggi (80-90%) diperoleh jika siswa melakukan permainan peran, simulasi, dan mengerjakan hal nyata. Kondisi itu mendorong peneliti mengembangkan aplikasi engine management system yang berbasis android. Aplikasi engine management system on board disajikan bentuk visual dan gambar. AR membekali siswa untuk belajar mandiri untuk mendapatkan informasi yang diperlukan. Menurut teori konstruktivisme belajar Piaget dan Vygotsky, prinsip terpenting dalam psikologi pendidikan adalah guru tidak sekadar memberikan pengetahuan kepada siswa. Siswa juga harus menetapkan pengetahuan sendiri. Guru dapat memberikan informasi awal mengenai materi yang relevan dengan media EMS yang berbasis AR. Aplikasi AR memberikan kebebasan untuk mengembangkan ide berdasarkan pengetahuan awal tersebut.

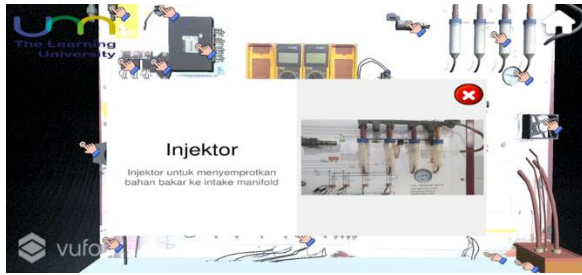
Performa Aplikasi EMS Berbasiskan AR

Aplikasi memiliki beberapa spesifikasi : ukuran aplikasi 125MB, tidak memerlukan internet versi android minimal 7.0, sehingga mudah diakses dan mudah digunakan. Untuk mendownload aplikasi ini dapat diakses melalui gambar 1 menunjukkan halaman beranda depan aplikasi.



Gambar 1. Tampilan depan aplikasi EMS

Menu simulasi AR menampilkan komponen-komponen dan diagram kelistrikan sistem kontrol, sehingga pengajar mudah menyampaikan hubungan antara sensor dengan ECM. Menu materi, bisa dipergunakan untuk memperkaya pengetahuan. EMS berbasis AR ini mudah dipergunakan dan dilengkapi dengan panduan.



Gambar 2. Tampilan dalam Aplikasi

Komponen-komponen EMS pada media dapat disentuh kemudian akan menampilkan penjelasan tentang komponen. Kemampuan menyebutkan nama komponen merupakan *prior knowledge* saat menyelesaikan masalah (Komarudin, 2020a). Setiap siswa yang memiliki *prior knowledge* akan diuntungkan disetiap pembelajaran.

Menu panduan berisi prosedur untuk menggunakan aplikasi EMS AR. Panduan penggunaan aplikasi memiliki peranan yang penting supaya pengguna dapat memanfaatkan aplikasi ini untuk mendukung kegiatan pembelajaran di sekolah.



Gambar 3. Tampilan Bagian Panduan Aplikasi

Menu materi berisi informasi tentang nama komponen, letak dan fungsi. Kemudahan untuk menggunakan aplikasi EMS merupakan salah satu faktor yang diharapkan pada pengembangan aplikasi ini. Kemudahan untuk menggunakan aplikasi yang bisa dipergunakan tanpa terbatas waktu dan tempat.

Validitas Aplikasi EMS

Aplikasi EMS AR dievaluasi oleh ahli media dan ahli otomotif. Kedua validator memberikan penilaian pada beberapa aspek yaitu aspek tampilan media, aspek yang mempengaruhi ketertarikan siswa terhadap media yang dikembangkan. Selanjutnya aspek pengetahuan, yang mempengaruhi efektifitas media untuk menjawab permasalahan pada pembelajaran. Selanjutnya aspek kemudahan, yang mempengaruhi keinginan siswa untuk

menggunakan media EMS AR untuk menguasai kompetensi yang diajarkan. Terakhir aspek kelengkapan, menjadi salah satu faktor yang sangat penting untuk media pembelajaran. Semakin lengkap media yang dikembangkan maka akan semakin menarik. Validitas alikasi EMS menurut para ahli seperti ada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Tanggapan Ahli Media dan Ahli Otomotif

Komponen	Skor validitas ahli media	Skor validitas ahli otomotif
Tampilan	0,950	0,950
Pengetahuan	0.937	1
Kemudahan	1	1
Kelengkapan	1	1

Data hasil penilaian validitas menunjukkan bahwa aplikasi EMS AR dinyatakan sangat valid seperti pada tabel 2. Tampilan dinilai sangat valid dengan nilai 0,95, pengetahuan dinilai sangat valid sebesar 1, kemudahan dinilai sangat valid dengan nilai 1 dan kelengkapan dinilai sangat valid dengan nilai 1. Validitas yang diperoleh media yang diberikan oleh validator di bandingkan dengan kriteria pada Tabel 1. Aplikasi EMS memiliki keunggulan pada tampilan yang sama dengan media yang di gunakan disekolah sehingga dapat menjadi pengetahuan dasar saat praktik, pengetahuan yang diperoleh kurang lebih sama dengan media yang dipergunakan di sekolah, kemudahan untuk dipergunakan di rumah, dan kelengkapan sama dengan media EMS di sekolah. Menurut validator ahli, aplikasi ini dinyatakan layak digunakan setelah dilakukan sedikit revisi.

PENUTUP

Kesimpulan

Teknologi Augmented Reality (AR) menjadi tren di pendidikan dengan menggabungkan dunia digital dan dunia nyata, sehingga meningkatkan kualitas kegiatan belajar mengajar. siswa yang memanfaatkan aplikasi AR berhasil menyelesaikan masalah. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE. Instrument yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian adalah angket yang diisi oleh ahli, praktisi, dengan menggunakan skala Likert. Augmented reality di validasi oleh ahli media, ahli otomotif, guru

dan siswa. Hasil validasi menunjukkan AR valid dilihat dari aspek Tampilan, Pengetahuan, Kemudahan, dan Kelengkapan.

Saran

Saran dari kami untuk penelitian selanjutnya agar aplikasi dapat mensimulasikan ketika *Engine Management System* bekerja, simulasi ketika terjadi masalah dalam sistem beserta penyelesaiannya. Serta dalam pengembangannya dapat dilakukan Kerjasama antara lembaga pendidikan dengan industri otomotif agar mencapai luaran yang lebih maksimal.

DAFTAR RUJUKAN

- Abbas, M. A., Hwang, G. J., Ajayi, S., Mustafa, G., & Bilal, M. 2021. Modelling and exploiting taxonomic knowledge for developing mobile learning systems to enhance children's structural and functional categorization. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100007>
- Asmianto, Hafizh, M., Rahmadani, D., Pusawidjayanti, K., & Wahyuningsih, S. 2022. Developing Android-Based Interactive E-Modules on Trigonometry to Enhance the Learning Motivation of Students. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(2), 159–170. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i02.27503>
- Basri, M. 2023. Teachers' Perspectives on the Development of Augmented Reality Application in Geometry Topic for Elementary School. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 17(15), 38–52. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i15.40097>
- Bennett, S. J., & Brennan, M. J. 1993. Interactive multimedia learning in physics. *Australian Journal of Educational Technology*, 12(1), 8-17. DOI: <https://doi.org/10.14742/ajet.2031>
- Billinghurst, M., & Dünser, A. 2012. Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45(7), 56–63. DOI: <https://doi.org/10.1109/MC.2012.111>
- Bodemer, D., & Ploetzner, R. (2005). Supporting Learning With Interactive Multimedia Through Active Integration Of Representations. *Instructional Science*, 33, 73–95. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11251-004-7685-z>.
- Cahyana, U., dkk. 2023. Improving Students' Literacy and Numeracy Using Mobile Game-Based Learning with Augmented Reality in Chemistry and Biology. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 17(16), 4–15. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i16.42377>.
- Cardenas-valdivia, J., Flores-alvines, J., Iparraguirre-villanueva, O., & Cabanillas-carbonell, M. 2023. Augmented Reality for Quechua Language Teaching-Learning : A Systematic Review. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 17(06), 116–138. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i06.37793>
- Chamba-Eras, L., & Aguilar, J. 2017. Augmented Reality in a Smart Classroom - Case Study: SaCI. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 12(4), 165–172. DOI: <https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2776419>
- Cuperschmid, A. R. M., Grachet, M. G., & Fabrício, M. M. 2016. Desenvolvimento de um ambiente de Realidade Aumentada para montagem de parede pré-fabricada em wood-frame a partir de modelo BIM. *Ambiente Construído*, 16(4), 63–78. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000400105>
- Daineko, Y., Tsoy, D., Ipalakova, M., Kozhakhmetova, B., Aitmagambetov, A., & Kulakayeva, A. 2022. Development of an Interactive Mobile Platform for Studying Radio Engineering Disciplines Using Augmented Reality Technology. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 16(19), 147–162. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i19.32373>.
- Fadzil, M., Hanid, A., Nihra, M., Mohamad, H., Yahaya, N., & Abdullah, Z. 2022. The Elements of Computational Thinking in Learning Geometry by Using Augmented Reality Application. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 16(02), 28–41. DOI: <https://doi.org/10.3991/>

- ijim.v16i02.27295
- Gunawan, A. A. S., William, Hartanto, B., Mili, A., Budiharto, W., Salman, A. G., & Chandra, N. 2017. Development of Affordable and Powerful Swarm Mobile Robot Based on Smartphone Android and IOIO board. *Procedia Computer Science*, 116, 342–350. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.10.057>.
- Hakiki, R., Muchson, M., Sulistina, O., & Febriana, A. 2022. The Development of Learning Media Based on Augmented Reality, Hologram, and Ludo Game on The Topic of Molecular Shapes. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 16(04), 70–84. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i04.28989>.
- Hong, O. A., Dayana, N., Halim, A., Zulkifli, N. N., Jumaat, N. F., Zaid, N. M., & Mokhtar, M. (2022). Designing Game-Based Learning Kit with Integration of Augmented Reality for Learning Geography. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 16(02), 4–16. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i02.27377>.
- Ismail, M.E. dkk. 2017. Development Of Electrical Discharge Machine Die Sinking Application Using Android Platform. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 23(7), 339-345. DOI: <http://dx.doi.org/10.21831/jptk.v23i4.12825>.
- Jackson, S. L. 2009. *Research Methods and Statistics a Critical Thinking Approach* (Third Edition). Wadsworth Cengage Learning.
- Kalyuga, S. 2013. Effects of learner prior knowledge and working memory limitations on multimedia learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 83, 25–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.06.005>.
- Kapp, M. Karl. 2012. *The Gamification Instruction of Learning and Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Komarudin, K., dkk. 2020. Increase the problem solving ability through improved prior knowledge. *Journal of Physics: Conference Series*. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1700/1/012043>.
- Komarudin, K., Mukhadis, A. 2020. Interactive Multimedia Engine Management System (EMS) To Improve Prior Knowledge And Problems Solving. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 26(1), 52–62. DOI: <http://dx.doi.org/10.21831/jptk.v26i1.29143>
- Kurniawan, R. D., & Hidayah, R. (2021). Validity of Kimi Kimo Adventure Game Based on Android as Learning Media in Chemical Bonds BT - Proceedings of the International Joint Conference on Science and Engineering 2021 (IJCSE 2021). *Proceedings of the International Joint Conference on Science and Engineering 2021*, 209(Ijcse), 247–253. DOI: <https://doi.org/10.2991/aer.k.211215.046>.
- Liu, T., Lin, Y., & Paas, F. 2014. Computers & Education Effects of prior knowledge on learning from different compositions of representations in a mobile learning environment. *Computers & Education*, 72, 328–338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.019>
- Mahanan, M. S., Ibrahim, N. H., Surif, J., & Nee, C. K. 2021. AR Module for Learning Changes of Matter in Chemistry. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 1(23), 72–88. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i23.27343>.
- Mahanan, M.S., Talib, C.A., & Ibrahim, N.H. 2021. Online Formative Assessment in Higher STEM Education; A Systematic Literature Review. *Asian Journal of Assessment in Teaching and Learning*, 11(1), 47. DOI: <https://doi.org/10.37134/ajatel.vol11.1.5.2021>
- Martín-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M. D., & Mora, C. E. (2015). Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education. *Computers in Human Behavior*, 51, 752–761. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.093>.
- Nóbrega, R., Jacob, J., Coelho, A., Weber, J., Ribeiro, J., & Ferreira, S. 2017. *Mobile location-based augmented reality applications for urban tourism storytelling*. *EPCGI 2017 - 24th Encontro Portugues de Computacao Grafica E Interacao*, 2017-Janua(October), 1–8.

- <https://doi.org/10.1109/EPCGI.2017.8124314>
- Novaliendry, D., Saltriadi, K. S., Mahyuddin, N., Sriwahyuni, T., & Ardi, N. 2021. Development of Interactive Media Based on Augmented Reality for Early Childhood Learning Around the Home. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 16(24), 4–20. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i24.34501>.
- Ratnawati, N., Wahyuningtyas, N., Habibi, M. M., Bashofi, F., Shahril, M., & Shaharom, N. 2022. Development of Augmented Reality Practicum Modules to Grow Independent Learning in Cultural Anthropology Courses. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 16(22), 59–74. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i22.36161>
- Rias, R. M., Zaman, H.B. 2008. ascilite Understanding the role of prior knowledge in a multimedia learning application, *Australasian Journal of Educational Technology (AJET)*, 29(4), 537–548. DOI: <https://doi.org/10.14742/ajet.419>.
- Risdianto, E. 2019. *Development of Blended Learning based on Web and Augmented Reality*. 295 (ICETeP 2018), 144–147. <https://doi.org/10.2991/icetep-18.2019.35>
- Rizal, R., Rusdiana, D., Setiawan, W., & Siahaan, P. (2020). Students perception of learning management system supported smartphone: Satisfaction analysis in online physics learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 600–610. DOI: <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i4.25363>
- Rosman, A. N., Samsudin, N. A., Ismail, A., Aripin, M. S., & Khalid, S. K. A. (2019). Augmented reality application for location finder guidance. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 13(3), 1237–1242. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v13.i3.pp1237-1242>
- Roumba, E., & Nicolaidou, I. 2022. Augmented Reality Books : Motivation , Attitudes , and Behaviors of Young Readers. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 16(16), 59–73. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i16.31741>.
- Shabiralyani, G., Hasan, K. S., Hamad, N., & Iqbal, N. 2015. Impact of Visual Aids in Enhancing the Learning Process Case Research: District Dera Ghazi Khan. *Journal of Education and Practice*, 6(19), 226–233. Dari: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1079541>.
- Shyr, W. J., Tsai, C. J., Lin, C. M., & Liao, H. M. (2022). Development and Assessment of Augmented Reality Technology for Using in an Equipment Maintenance and Diagnostic System. *Sustainability (Switzerland)*, *Sustainable Engineering and Science*, 14(19). DOI: <https://doi.org/10.3390/su141912154>
- Sirakaya, M., & Cakmak, E. K. 2018. The effect of augmented reality use on achievement, misconception and course engagement. *Contemporary Educational Technology*, 9(3), 297–314. DOI: <https://doi.org/10.30935/cet.444119>
- Sudirman, S. Kusumah, Y. S., & Martadiputra, B.A.P. 2022. Investigating the Potential of Integrating Augmented Reality into the 6E Instructional 3D Geometry Model in Fostering Students' 3D Geometric Thinking Processes. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 16(06), 61–80. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i06.27819>.
- Sunismi, S. 2004. Developing Guided Discovery Learning Materials Using Mathematics Mobile Learning Application As an Alternative Media for The Students Calculus II. *Cakrawala Pendidikan*, 34(3), 1–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.21831/cp.v3i3.7340>.
- Teoh, B. S., & Neo, T. 2007. Interactive Multimedia Learning : Students ' Attitudes And Learning Impact In An Animation Course. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 6(4). Dari: <https://eric.ed.gov/?id=ED499660>.
- Widodo, N. 2012. Pengaruh Penggunaan Diagnosis Chart Terhadap Hasil Belajar Matakuliah Praktik Diagnosis Sistem Kelistrikan. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 21(2), 130–139. DOI: <https://dx.doi.org/10.21831/jptk.v21i2.3>

282.

- Wildan, Hadisaputra, S., Savalas, L. R. T., Laksmiwati, B. D., & Supriadi. 2023. *Development of Augmented Reality-Based Online Learning Media to Improve Students' Mental Models on the Topic of Environmental Pollution*. Proceedings of the 1st Nusa Tenggara International Conference on Chemistry (NITRIC 2022), 194–204. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-130-2_20
- Wirawan, I. M. A., Sunarya, I. M. G., Jayendra, I. G. N. T., & Yudianto, A. (2018). Mobile Learning Based on Guided Inquiry: Optimization of Students' Motivation. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 24(2), 256–261. DOI: <https://doi.org/10.21831/jptk.v24i2.20651>
- Wirjawan, J. V.D., Pratama, D., Pratidhina, E., Wijaya, A., Untung, B., & Herwinarso. (2020). Development of smartphone app as media to learn impulse-momentum topics for high school students. *International Journal of Instruction*, 13(3), 17–30. DOI: <https://doi.org/10.29333/iji.2020.1332a>.

