

Rancang Bangun Virtual Lab Praktikum Kimia Fisika II Pada Materi Ajar Peranan Lingkungan Terhadap Korosi

Olivia Triana Dewi¹, Bayu Ramadhani Fajri², Asrul Huda³, Resmi Darni⁴

¹²³⁴Program Studi Pendidikan Teknik Informatika, Universitas Negeri Padang
e-mail: oliviatriana12@gmail.com

Abstrak

Salah satu kemajuan pesat inovasi pendekatan pembelajaran laboratorium khususnya di bidang praktikum adalah melalui pemanfaatan media Virtual Lab. Penggunaan laboratorium virtual, yang menggantikan kerja praktik di lingkungan berbahaya seperti laboratorium kimia fisika sebenarnya, dengan menggunakan komputer untuk mengilustrasikan konsep kompleks serta instrumen dan perlengkapan praktis yang mahal. Kajian ini berfokus pada mata kuliah Kimia Fisika II yang menawarkan banyak pilihan praktikum, diantaranya Peranan Lingkungan Terhadap Korosi, namun terdapat beberapa kendala, mahasiswa yang mengerjakan praktikum kurang sesuai dengan prosedur buku panduan praktikum kimia fisika, dikarenakan kurang telitinya mahasiswa dalam penggunaan alat dan keterbatasan waktu dalam pengerjaannya. Selain itu, karena tidak adanya peralatan praktikum mandiri di rumah serta biaya bahan dan peralatan yang mahal, mahasiswa dibatasi untuk menyelesaikan praktikumnya di laboratorium. Penelitian kali ini bertujuan untuk (1) Menciptakan produk media interaktif yang memanfaatkan platform Android berbasis Augmented Reality untuk menampilkan objek 3D yang dapat berinteraksi dengan objek 3D lainnya, video, labsheet, pengenalan alat dan bahan, serta langkah kerja praktikum yang sesuai dengan materi ajar mahasiswa, (2) Mengetahui bagaimana respon/reaksi mahasiswa terhadap desain media Virtual Lab dalam hal membangkitkan minat dan meningkatkan hasil belajar. Metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) digunakan dalam perancangan sistem aplikasi Virtual Lab ini. Tahapan konsep, perancangan, pengumpulan bahan, perakitan/pembuatan, pengujian, dan distribusi adalah enam langkah yang membentuk metodologi ini. Dalam perancangan Virtual Lab Peranan Lingkungan Terhadap Korosi berbasis Augmented Reality ini menggunakan software unity, blender dalam pembuatan assetnya, dan vuforia untuk manajemen databasenya. Tersedianya aplikasi Virtual Lab Kimia berbasis Augmented Reality yang dibuat sesuai dengan buku panduan praktikum sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran tambahan untuk meningkatkan pemahaman selama praktikum.

Kata kunci: *Virtual Lab, Media Interaktif, Augmented Reality, MDLC, Android*

Abstract

One of the rapid advances in innovation in laboratory learning approaches, especially in the field of practicum, is through the use of Virtual Lab media. The use of virtual laboratories, which replace practical work in hazardous environments such as real physical chemistry laboratories, by using computers to illustrate complex concepts as well as expensive practical instruments and equipment. This study focuses on the Physical Chemistry II course which offers many practicum options, including the Role of the Environment in Corrosion, but there are several obstacles, students who do the practicum do not comply with the procedures in the physical chemistry practicum guide book, due to students' lack of accuracy in using tools and limited time. in the process. In addition, because there is no independent practical equipment at home and the cost of materials and equipment is expensive, students are limited to completing their practical work in the laboratory. This research aims to (1) Create interactive media products that utilize the Android platform based on Augmented Reality to display 3D objects that can interact with other 3D objects, videos, lab sheets, introduction to tools and materials, as well as practical work steps that are in accordance with student teaching materials , (2) Knowing how students respond/react to the Virtual Lab media design in terms of generating interest and improving learning outcomes. The Multimedia Development Life Cycle (MDLC) method was used in designing this Virtual Lab application system. The stages of concept, design, material gathering, assembly/manufacturing, testing, and distribution are the six steps that make up this methodology. In designing the Augmented Reality-based Virtual Lab on the Role of the Environment on Corrosion, we used Unity software, Blender for asset creation, and Vuforia for database management. The availability of an Augmented Reality-based Virtual Chemistry Lab application which was created in accordance with the practicum guidebook so that it can be used as additional learning media for improve understanding during practicum.

Keywords : *Virtual Laboratory, Interactive Media, Augmented Reality, MDLC, Android*

PENDAHULUAN

Pasca pandemi, kemajuan teknologi di bidang pendidikan terjadi lebih cepat dari sebelumnya. Salah satu kemajuan tersebut adalah pembelajaran jarak jauh berbasis media virtual. Selain itu, pendekatan pembelajaran daring digunakan dalam penyampaian pendidikan pada masa darurat COVID-19 di semua jenjang pendidikan. Praktikum yang digunakan juga dapat dilakukan secara virtual, Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) mengartikan virtual sebagai suatu tampilan yang memanfaatkan perangkat lunak komputer.

Kegiatan praktikum bertujuan dalam mengembangkan dan menerapkan keterampilan proses sains seperti mengamati, menafsirkan, merencanakan percobaan, menerapkan konsep serta menggunakan alat dan bahan (Arifin et al., 2020). Salah satu kemajuan pesat inovasi pendekatan pembelajaran laboratorium khususnya di bidang

praktikum adalah melalui pemanfaatan media Virtual Lab. Virtual Lab adalah kumpulan program komputer yang dirancang untuk menampilkan eksperimen sulit atau fenomena abstrak yang dilakukan di laboratorium sebenarnya.

Penggunaan laboratorium virtual, yang menggantikan kerja praktik di lingkungan berbahaya seperti laboratorium kimia fisika sebenarnya, dengan menggunakan komputer untuk mengilustrasikan konsep kompleks serta instrumen dan perlengkapan praktis yang mahal. Universitas Negeri Padang memiliki Jurusan Kimia dan mata kuliah wajib kurikulum seperti Kimia Fisika I, Kimia Fisika II, Kimia Fisika III (*Sumber: <http://kimia.fmipa.unp.ac.id/>*). Kajian ini berfokus pada mata kuliah Kimia Fisika II yang menawarkan banyak pilihan praktikum, diantaranya Peranan Lingkungan Terhadap Korosi

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan mahasiswa semester 4 yang mengambil mata kuliah Kimia Fisika II dan asisten dosen, masih terdapat kesulitan dalam mengevaluasi hasil praktikum mahasiswa karena kurang akuratnya hasil yang didapatkan disebabkan kurang telitinya dalam mengikuti langkah kerja serta terbatasnya waktu untuk melakukan praktikum. Berikut ini data hasil penilaian praktikum dengan Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) dari mata kuliah Kimia fisika II adalah 75.

Tabel 1. Hasil praktikum mahasiswa T.P 2023/2024

Kelas / BP	Kode Seksi	Jumlah Mahasiswa	Belum Menguasai Praktik %	Menguasai Praktik%
Kimia NK / 2021	202220360033	32	55	45

Berdasarkan tabel 1 diperoleh data bahwa dari 32 mahasiswa, masih terdapat lebih dari 50% yang mengerjakan langkah praktikum kurang sesuai dengan prosedur buku panduan praktikum kimia, dikarenakan kurang telitinya mahasiswa dalam penggunaan alat dan keterbatasan waktu dalam pengerjaannya. Selain itu, karena tidak adanya peralatan praktikum mandiri di rumah serta biaya bahan dan peralatan yang mahal, mahasiswa dibatasi untuk menyelesaikan praktikumnya di laboratorium.

Ketika daring, praktikum ditiadakan, biasanya dosen hanya akan membagikan video rancangan praktiknya kepada mahasiswa dan mengharuskan mahasiswa menulis laporan berdasarkan observasinya, sehingga mahasiswa secara mandiri mencari aplikasi sendiri seperti *virtual labor physical chemistry* ketika daring karena tidak adanya perangkat lunak khusus yang digunakan mahasiswa untuk praktikum, tetapi *software* ini hanya menampilkan alat dan bahan dengan objek 2D.

Percobaan praktikum yang digunakan pada *software virtual labor phisycal chemistry* bersifat umum dan belum berdasarkan pada buku pegangan mahasiswa dan dosen, *software* ini hanya dapat dijalankan pada perangkat komputer. Permasalahan

ini perlu segera diselidiki agar dapat dilakukan perbaikan terhadap prosedur praktikum sehingga tujuan yang diharapkan dapat tercapai.

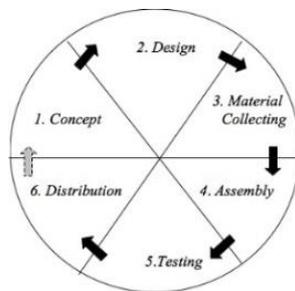
Pencapaian tujuan praktikum diantaranya dengan cara menggunakan media interaktif yang dapat diakses secara mudah dan menampilkan objek yang jelas, yang berisi alat peraga atau langkah kerja yang lengkap dan sesuai dengan materi yang dipraktikkan di kampus. Salah satu media yang digunakan adalah media interaktif Virtual Lab yang memanfaatkan platform Android berbasis Augmented Reality untuk menampilkan objek 3D yang dapat berinteraksi dengan objek 3D lainnya, video, labsheet, pengenalan alat dan bahan, serta langkah kerja praktikum yang sesuai dengan materi ajar mahasiswa.

Para ahli harus melakukan verifikasi media terhadap sejumlah indikasi untuk melihat kelayakan media dan aspek materi sebelum digunakan dalam praktik. Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Rancang Bangun Virtual Lab Praktikum Kimia Fisika II Pada Materi Ajar Peranan Lingkungan Terhadap Korosi".

METODE

Metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) digunakan dalam perancangan sistem aplikasi Virtual Lab ini. Dalam bahasa Indonesia, MDLC diterjemahkan sebagai siklus hidup pengembangan multimedia, artinya serangkaian tahapan yang harus dilalui untuk menghasilkan produk multimedia yang berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Tahapan konsep (*concept*), perancangan (*design*), pengumpulan bahan (*material collecting*), perakitan/pembuatan (*assembly*), pengujian (*testing*), dan distribusi (*distribution*) adalah enam langkah yang membentuk metodologi ini.



Gambar 1. MDLC

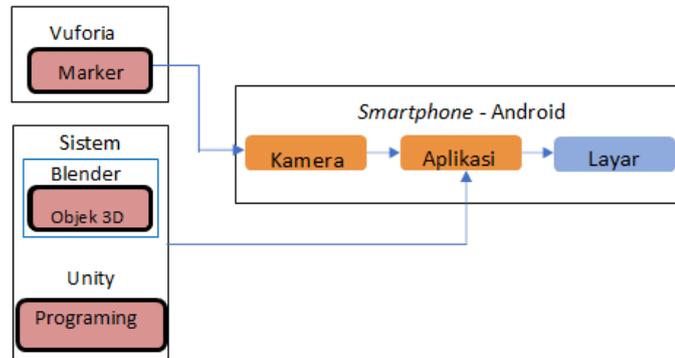
1. Tahap Konsep (Concept)

Tahap *concept* yaitu menentukan pemilihan jenis visualisasi dan mengidentifikasi pengguna program (identifikasi audiens). Selain itu, bagian ini menjelaskan berbagai jenis aplikasi, tujuan, dan standar umumnya.

2. Tahap Perancangan (Design)

a. Blok Diagram Sistem

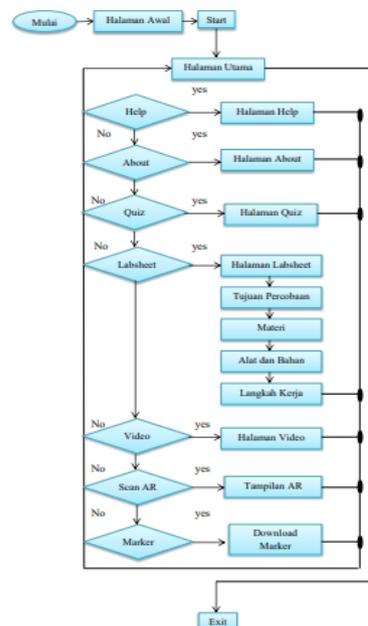
Tujuan pembuatan diagram blok ini adalah untuk memudahkan pemahaman mengenai fungsi sistem yang dikembangkan. Gambar 2 menjelaskan diagram blok sistem yang akan dibuat.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

b. Flowchart Sistem Secara Umum

Diagram alir (flowchart) menjelaskan perintah logis sistem dan urutan kondisi untuk menyelesaikan suatu masalah. Berikut gambar flowchart sistem secara umum:



Gambar 3. Flowchart Sistem Secara Umum

c. Perancangan Marker

Tahap ini dilakukan perancangan masing-masing gambar alat dan bahan praktikum sesuai langkah kerja pada buku pegangan mahasiswa yang akan dijadikan sebagai marker untuk menjalankan aplikasi. Untuk menampilkan objek 3D pada aplikasi Augmented Reality dibutuhkan marker. Agar *marker* dapat terdeteksi saat pengguna ingin scan marker, maka diperlukan *database marker*. *Database marker* tersedia melalui online di *website Vuforia*.

d. Perancangan Interface

Perancangan *interface* digunakan untuk menentukan tampilan dari program secara keseluruhan. Ini biasanya juga merupakan komponen yang paling menantang karena ada tiga hal yang perlu dipertimbangkan ketika membangun sebuah antarmuka harus lengkap, sederhana, dan berfungsi dengan cepat.

3. Tahap Pengumpulan Bahan (Material Collecting)

Material collecting adalah tahap pengumpulan bahan yang sesuai dengan kebutuhan yang dikerjakan. Bahan-bahan tersebut diantaranya meliputi gambar, musik, video, animasi, dan clip art. Tahap ini dapat diselesaikan bersamaan dengan tahap perakitan (*assembly*).

4. Tahap Perakitan/Pembuatan (Assembly)

Dalam pembuatan aplikasi ini dibutuhkan sebuah lisensi *manager* dengan menggunakan sebuah *software* yang sudah tersedia secara gratis yaitu *Vuforia* dan *Unity*. Kemudian membuat aset-aset yang dibutuhkan dalam aplikasi diantaranya objek 3D berupa alat dan bahan praktikum sesuai materi yang dibahas serta diikuti dengan informasi berupa prosedur kerja, video dan *marker* untuk masing-masing objek 3D tersebut. Perakitan/pembuatan dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Pembuatan Lisensi

Pembuatan lisensi dilakukan di laman *web vuforia*. *Vuforia* ini bisa langsung terhubung dengan aplikasi utamanya yaitu *unity*. *Lisensi manager* yang dibutuhkan untuk menampilkan objek 3D di *Unity* cukup satu saja. Karena pada aplikasi *Unity* kita menggunakan *Package Vuforia Engine* yang nantinya dapat kita tambahkan kedalam AR Kamera dan *Ground Plane* sehingga objek 3D akan muncul apabila *plane finder* (kotak segiempat) terdeteksi dikamera.

b. Pembuatan Objek 3D

Pembuatan objek 3D ini menggunakan *software* yang disebut dengan *blender*. Objek 3D alat dan bahan untuk praktikum seperti tabung reaksi, rak tabung reaksi, paku beton, sepotong gabus, natrium nitrit, dan natrium kromat, air pam, dan air panas.

5. Tahap Pengujian (Testing)

Setelah hasil visualisasi sudah jadi, perlu dilakukan pengujian. Pengujian tersebut dilakukan guna menerapkan temuan visualisasi untuk pembelajaran dalam parameter konten yang dipilih adalah cara eksperimen dilakukan. Hal ini

dilakukan untuk memastikan bahwa kreasi sebelumnya akurat sebelum digunakan dalam pembelajaran massal

6. Menyebarluaskan (Distribution)

Pada tahap ini, penulis juga melakukan penyebar luasan melalui pengujian perangkat aplikasi kepada beberapa mahasiswa dan dosen Jurusan Kimia untuk memberikan tanggapan mengenai aplikasi virtual lab berbasis AR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Hasil Rancangan

1. Halaman Splash Screen

Halaman *Splash Screen* adalah halaman awal yang tampil ketika pengguna membuka aplikasi. Di halaman ini terdapat logo aplikasi Peranan Lingkungan Terhadap Korosi dan *user* dapat menekan *button* menu untuk beralih ke halaman menu dari aplikasi. Berikut tampilannya:



Gambar 4. Halaman *Splash Screen*

2. Halaman Menu Aplikasi

Pada halaman ini terdapat menu-menu diantaranya menu *AR*, *Video*, *Labsheet*, *Quiz*, *Help* dan *About*. Berikut tampilannya:



Gambar 5. Halaman *Menu Aplikasi*

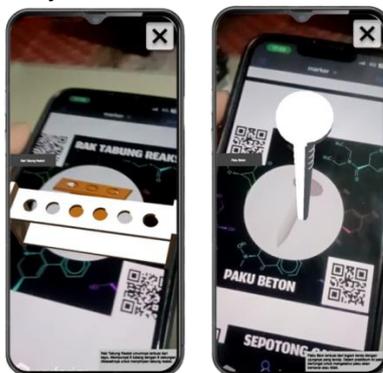
3. Halaman *Augmented Reality (AR)*

Halaman *AR* adalah halaman yang berisi *button* Pengenalan Alat dan Bahan, *button* Simulasi / Langkah Kerja praktikum, dan *Marker* yang bisa dipilih oleh *user*. Berikut tampilannya:



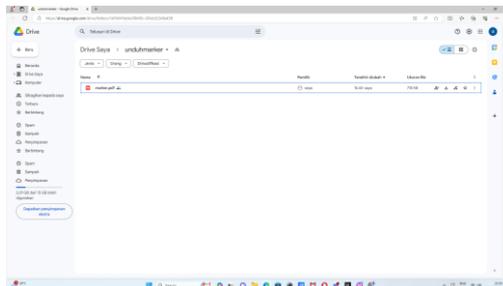
Gambar 6. Halaman Menu AR

Apabila *user* memilih *button* Pengenalan Alat dan Bahan maka *user* akan diarahkan pada halaman yang menampilkan objek 3D alat dan bahan praktikum yang masing-masing tiap objeknya memiliki penjelasan mengenai alat praktikum dari marker yang telah discan. Berikut tampilannya:



Gambar 7. Tampilan Pengenalan Alat dan Bahan

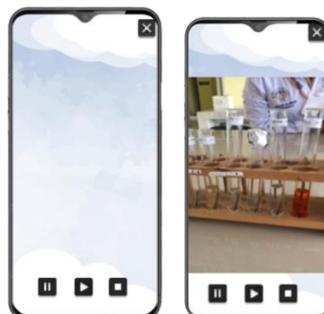
Jika *User* memilih *button* Simulasi / Praktikum maka akan diarahkan pada halaman praktikum, *user* juga dapat berinteraksi dengan menggerakkan objek 3D untuk meracik dan mencampurkan bahan larutan sesuai arahan prosedur yang ditampilkan pada layar *device user*. Jika *user* memilih *button* marker maka *user* akan diarahkan pada halaman *drive* yang berisi gambar marker dalam bentuk pdf yang dapat diunduh.



Gambar 8. Tampilan Pengunduhan Marker

4. Halaman Video

Halaman ini menampilkan video praktikum Peranan Lingkungan Terhadap Korosi yang langsung dipraktikkan oleh mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah Kimia Fisika II di laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang sehingga video yang diambil sesuai dengan panduan praktikum yang ada dan menjadi rujukan dalam pembuatan aplikasi ini. Berikut tampilannya:



Gambar 9. Tampilan Video

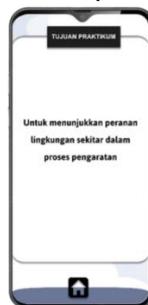
5. Halaman Labsheet

Halaman Labsheet merupakan halaman yang berisi *button* Tujuan Percobaan, *button* Materi, *button* Alat dan Bahan, serta *button* Langkah Kerja. Berikut tampilannya:



Gambar 10. Halaman Labsheet

Ketika *user* memilih *button* tujuan percobaan dengan cara mengklik *button* tujuan percobaan maka halaman akan pindah pada tujuan dari praktikum Peranan Lingkungan Terhadap Korosi. Berikut tampilannya:



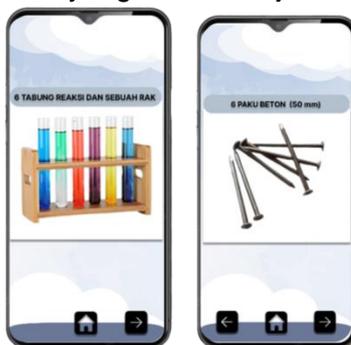
Gambar 11. *Tampilan Tujuan Percobaan*

Jika user mengklik *button* materi maka akan menampilkan pembahasan mengenai Peranan Lingkungan Terhadap Korosi. Berikut tampilannya:



Gambar 12. *Tampilan Materi*

Jika user mengklik *button* alat dan bahan maka akan menampilkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam praktikum yang akan dikerjakan. Berikut tampilannya:



Gambar 13. *Tampilan Alat dan Bahan*

Jika user mengklik *button* langkah kerja maka akan menampilkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam mengerjakan praktikum. Berikut tampilannya:



Gambar 14. *Tampilan Langkah Kerja*

6. Halaman Quiz

Halaman ini menampilkan *quiz* yang terdiri dari 10 soal pilihan ganda. Dan pada akhir quiz terdapat penilaian hasil jawaban yang telah dipilih. Berikut tampilannya:



Gambar 15. Tampilan Soal



Gambar 16. Tampilan Penilaian

7. Halaman Help

Halaman *help* berisi penjelasan kegunaan menu-menu dan tombol yang ada di aplikasi agar pengguna mudah dalam menjalankan aplikasi. Berikut tampilannya:



Gambar 17. Tampilan Help

8. Halaman About

Pada Halaman about berisi profile tentang perancang aplikasi, *user* akan diarahkan ke halaman *developer* yang bertujuan jika terdapat kendala *user* bisa menghubungi melalui *e-mail* yang tertera. Berikut tampilan halaman about:



Gambar 18. Tampilan About

9. Halaman Exit

Halaman *exit* berisi *notifikasi* berupa pesan keluar dari aplikasi, jika *user* memilih *button* batal maka akan kembali ke halaman utama dan jika *user* memilih *button* keluar maka akan otomatis keluar dari halaman aplikasi. Berikut tampilannya:



Gambar 19. Tampilan Exit

B. Pembahasan

Metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) digunakan dalam perancangan sistem aplikasi Virtual Lab ini.

Beberapa analisis, termasuk analisis kebutuhan material dan sistem, dilakukan pada tahap analisis. Tahap ini dilakukan dengan mengkaji kebutuhan dalam pembuatan aplikasi serta mengkaji teori terkait dengan menggunakan panduan praktis mata kuliah Kimia Fisika II Universitas Negeri Padang. Untuk membuat aplikasi Augmented Reality, tahap perancangan meliputi pembuatan desain flowchart aplikasi, pemodelan 3D, marker, dan desain antarmuka.

Hasil dari perancangan ini kemudian digunakan untuk pembuatan aplikasi Augmented Reality. Blender adalah alat yang digunakan untuk mengembangkan

setiap aset objek 3D. Karena Blender merupakan perangkat lunak gratis dengan alat yang mudah dimengerti, peneliti memilih untuk memanfaatkannya. Ekstensi Vuforia AR menyediakan fungsionalitas administrasi basis data untuk platform Unity, yang digunakan untuk membangun aplikasi augmented reality.

Berdasarkan hasil analisis data penelitian disimpulkan bahwa tersedianya aplikasi virtual lab kimia berbasis *Augmented Reality* dengan rancangan sesuai buku penuntun praktikum sehingga dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran yang layak untuk meningkatkan pengetahuan praktik berdasarkan analisis data pembelajaran. Diharapkan juga bagi peneliti nantinya dapat melaksanakan penelitian ini dengan menyempurnakan visualisasi objek dengan menggunakan perangkat lunak yang sama yang digunakan untuk membuat aplikasi ini dan dengan memperhatikan penggunaan perangkat lunak lain agar dapat berkembang sejalan dengan kemajuan teknologi di masa depan.

SIMPULAN

Berdasarkan data pembahasan mengenai Virtual Lab Peranan Lingkungan Terhadap Korosi dapat disimpulkan bahwa tersedianya aplikasi Virtual Lab Kimia berbasis Augmented Reality yang dibuat sesuai dengan buku panduan praktikum sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran tambahan untuk meningkatkan pemahaman selama praktikum.

Diharapkan untuk peneliti selanjutnya supaya dapat meneruskan penelitian ini dengan meningkatkan visualisasi objek melalui penggunaan *software unity 3D* Versi 2019.4.40f1 (64-bit) untuk membuat aplikasi *android* dengan AR sebagai spesifikasi minimum yang digunakan untuk membuat aplikasi ini dan dengan memperhatikan penggunaan perangkat lunak lain agar dapat berkembang sejalan dengan kemajuan teknologi di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Mustaqim Ilmawan. (2016, Juli). Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, Vol.13, No.2, Juli 2016, Hal:174 ISSN 2541-0652.
- Cheng, P dkk. (2016). *A Review of Using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016*. Springer: Innovation in Smart Learning.
- Magdalena M. (2016). The Field Play Mobile Application: Augmented Reality, Location-Aware Content, And The Creation Of An Interactive, DataRich Digital Educational And Research Tool. 168.
- Jessnor E, dkk. (2016). The Use Of Augmented Reality (AR) Among Tertiary Level Students: Perception And Experience. *Australian Journal of Sustainable Business and Society* 2.1.
- Xiaolin L dkk. (2016). *Design of Theoretical Model for Smart Learning*. Springer: State-of-the-Art and Future Directions of Smart Learning.

- Nugroho, A., & Pramono, B. A. (2017). Aplikasi mobile Augmented Reality berbasis Vuforia dan Unity pada pengenalan objek 3D dengan studi kasus gedung M Universitas Semarang. *Jurnal Transformatika*, 14(II), Hlm 87-88.
- Burhanudin, A. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Pada Mata Pelajaran Dasar Elektronika di SMK Hamong Putera 2 Pakem. *Pendidikan Teknik Mekatronika*, 7(3), 266–274.
- Moro, C., Štromberga, Z., Raikos, A., & Stirling, A. (2017). The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 10(6), 549–559.
- Manikowati, & Iskandar, D. (2018). Pengembangan Mobile Virtual Laboratorium untuk Pembelajaran Praktikum Siswa SMA. Kwangsan: *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 06(01), 23-42.
- Dwiningsih, K., Sukamin, Muchlis, & Rahma, P. T. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Menggunakan Media Laboratorium Virtual Berdasarkan Paradigma Pembelajaran di Era Global. Kwangsan: *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 06(02), 156-176.
- Sirakaya, M., & Sirakaya, A. D. (2018). Trends in Educational Augmented Reality Studies: A Systematic Review. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(2), 60–74.
- Muhammed, dkk. (2019). Effects of Physical and Virtual Laboratories on the Achievement of Secondary School Geography Students in North Central Nigeria. *Frontiers of Knowledge Journal Series. International Journal of Education and Educational Research*, ISSN: 2635-3636, Vol. 2, Issue 2 (September, 2019).
- Tsichouridis, et.al. (2019). Virtual dan Augmented Reality dalam Pengajaran Sains dan Belajar. Bangkok : Verlag Berlin Heidelberg. Sumber : <https://www.researchgate.net/publication/336778712>.
- Abdillah, G. Y., Andryana, S., Fakultas,), Komunikasi, T., Informatika, D., Nasional, U., Sawo Manila, J., Minggu, P., Selatan, J., Khusus, D., & Jakarta, I. (2020). *Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Perangkat Keras Komputer Dengan Fast Corner dan Natural Feature Tracking*.
- Arifin et al., (2020). Pengembangan Mobile Virtual Laboratorium pada Pembelajaran Praktikum Materi Pencemaran Air. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Hidayah, I. N. (2020). *Pengembangan Video Stop Motion Sebagai Media Pembelajaran Keterampilan Menyimak Cerita Fantasi Kelas Vii Smp Negeri 12 Yogyakarta Tahun Ajaran. 2019 / 2020 Intan Nurul Hidayah Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Uni.* 1–6.
- Maghfiroh (2020). Dampak Teknologi Informasi (IT) terhadap Dunia Pendidikan. *Journal of Chemical Education*.
- Sudarmilah, E., & Kholifah, A. N. (2020). Edugame augmented reality as learning media for human blood circulation system. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(12), 4375–4384.

- Zulfarina, Z., Syafii, W., & Putri, D. G. (2021). E-Magazine Based on Augmented Reality Digestive as Digital Learning Media for Learning Interest. *Journal of Education Technology*, 5(3), 417–424.
- Yapici, İ. Ü., & Karakoyun, F. (2021). Using Augmented Reality in Biology Teaching. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 9(3), 40–51.
- Wahdatun, S., 1*, R., Anggraito, Y. U., & Rohmah, S. W. (2021). Development of Augmented Reality Nervous System (ARSaf) Learning Media to Improve Student Understanding. *Journal of Biology Education*, 10(3), 316–325.
- Endang, I. (2021). Pengaruh Penggunaan Media Laboratorium Virtual Berbasis Augmented Reality Pada Praktikum elektronika Dasar Terhadap Hasil Belajar Dan Minat Belajar Mahasiswa Pendidikan Fisika. *Journal Repository Uin-Aluddin*. Sumber : <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/19249/>.
- Sayuti, A. E. P., & Hendriyani, Y. (2021). *Jurnal vokasi informatika*, 1(2). Sumber : <http://kimia.fmipa.unp.ac.id/>.
- Khaerudin, M., Srisulistiowati, D. B., & Warta, J. (2021). Game edukasi dengan menggunakan unity 3D untuk menunjang proses pembelajaran. *Jsi (Jurnal Sistem Informasi) Universitas Suryadarma*, 8(2), 263-272.
- Dikananda, A. R., Nurdiawan, O., & Subandi, H. (2022). Augmented Reality Dalam Mendeteksi Produk Rotan Menggunakan Metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC). *MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem)*, 6(2), 135–141. Sumber : <https://doi.org/10.54367/means.v6i2.1512>.
- Gunawan, G., Faiza, I. M., Santoso, N. A., & Kurniawan, R. D. (2022). Penerapan Metode MDLC Pada Media Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Sustainable Jurnal Kajian Mutu Pendidikan*, 5(1), 201-210.
- Kurnia, D (2022), Rancang Bangun Media Pengenalan Alat Laboratorium Kimia Berbasis Mobile Augmented Reality. *Jurnal Ilmiah Penelitian Teknologi Informasi & Komputer*.