

LITERASI

ISSN: 2085-0344 (Print)

ISSN: 2503-1864 (Online)

Journal homepage: www.ejournal.almaata.ac.id/literasi

Journal Email: literasi_stia@yahoo.com

Pengembangan Laboratorium Virtual Praktik Elektroplating Sebagai Media Pembelajaran Kimia di Pendidikan Tinggi Vokasi

¹Ida Ayu Anom Arsani, ²Ida Bagus Putra Manuaba, ³I Ketut Darma

^{1,2,3} Politeknik Negeri Bali,

Kampus Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung - Bali 80361

¹ayuanomarsani@pnb.ac.id, ²manuabaputra@pnb.ac.id, ³ketutdarma@pnb.ac.id

Abstrak

Keterbatasan sarana laboratorium dalam pembelajaran kimia dapat mempengaruhi proses pembelajaran yang dilakukan menjadi kurang maksimal, sehingga penting untuk melakukan inovasi untuk memfasilitasi keterbatasan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan media pembelajaran berupa laboratorium virtual untuk kegiatan pembelajaran praktikum kimia. Responden yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah mahasiswa jurusan teknik mesin, program studi teknik pendingin dan tata udara serta program studi teknologi rekayasa utilitas. Model pengembangan yang dipergunakan dalam penelitian penelitian harus mencakup ini (1) rancangan penelitian; (2) populasi dan sampel (sasaran penelitian); (3) teknik pengumpulan data dan pengembangan instrumen; (4) dan teknik analisis data. Teknik penelitian pengembangan digunakan dalam penelitian ini. Analisis data menggunakan teknik analisis deskriptif kualitatif dan analisis statistik deskriptif. Berdasarkan analisis data terhadap hasil validasi isi dan media diperoleh persentase nilai 89,13% dan 87,50%, yang dapat diinterpretasikan sangat valid atau tidak perlu dilakukan revisi terhadap produk yang dikembangkan. Mayoritas mahasiswa memberikan respon positif yakni 76,28 %, terhadap implementasi laboratorium virtual sebagai media pembelajaran kimia. Hasil penelitian menunjukkan, penggunaan media pembelajaran laboratorium virtual praktik elektroplating meningkatkan keterampilan dan pengetahuan peserta didik pada pembelajaran kimia, informasi ini dibuktikan dari data hasil penelitian yang diperoleh.

Kata Kunci: pengembangan, laboratorium, virtual, elektroplating, vokasi.

Abstract

The limitations of laboratory facilities in chemistry learning can affect the learning process carried out to be less than optimal, so it is necessary to innovate to facilitate these limitations. This study aims to produce learning media in the form of a virtual laboratory for chemistry practicum learning activities. Respondents involved in this study were students majoring in mechanical engineering, refrigeration and air conditioning engineering study program and utility engineering technology study program. The development model used in research research must include (1) research design; (2) population and sample (research objectives);

(3) data collection techniques and instrument development; (4) and data analysis techniques. The development research technique was used in this study. Data analysis used qualitative descriptive analysis techniques and descriptive statistical analysis. Based on the analysis of the data on the results of content and media validation, the percentage values obtained were 89.13% and 87.50%, which can be interpreted as very valid or no need to revise the product being developed. The majority of students gave a positive response, namely 76.28%, towards the implementation of a virtual laboratory as a medium for learning chemistry. The results showed that the use of virtual laboratory learning media for electroplating practices increased the skills and knowledge of students in learning chemistry, this information was proven from the research data obtained.

Keywords: *development, laboratory, virtual, electroplating, vocational*

PENDAHULUAN

Kegiatan pembelajaran di laboratorium memiliki peran penting dalam pembelajaran kimia karena dapat memberikan pengalaman belajar langsung kepada mahasiswa untuk berinteraksi dengan suatu materi dan peralatan dalam mengkaji fenomena ilmiah. Laboratorium tidak hanya mendukung pengembangan kemampuan praktis tetapi juga dapat meningkatkan minat peserta didik, menumbuhkan rasa ingin tahu, kreativitas dan aktivitas pemecahan masalah, dan mengembangkan pemahaman konseptual. Pendekatan laboratorium dianggap sebagai elemen tidak terpisahkan dari pendidikan kimia dan berdampak positif terhadap peningkatan pemahaman serta dapat menunjukkan prestasi belajar yang lebih tinggi (Alqadri, 2018) research and scientific development. However, chemistry experiments have some limitations in the real laboratory, such as students using hazardous and relatively expensive tools and chemicals and it takes more time to prepare and conduct experiments. One of the most suitable media to overcome some problems in the real laboratory is using virtual laboratory. The virtual-based experiment, as an advanced technology product, is quite cheap, safe, effective and efficient alternative media. This study aims to investigate the effectiveness of chemistry virtual laboratory in direct instruction model to enhance student's achievement on colligative properties of solution topic. Direct instruction model emphasizes on

the declarative and procedural knowledge. It consist of five phases: orientation, presentation or demonstration, highly structured practice, guided practice, and independent practice phases, where in this study the virtual laboratory was implemented in the guided practice phase. This Pre-Experiment Research used One Group Pre-test and Post Test Design where both consist of 20 multiple choice items. The participants in this study were the grade XII science students in one of the senior high schools in Bulukumba Regency, South-Sulawesi Province, Indonesia. The subject were 30 students consisted of 10 males and 20 females in the first half of the academic year. Data were obtained using 20 multiple choice items of achievement test, either from pre-test or post-test. Three criteria of the effectiveness must be fulfilled to investigate the effectiveness of virtual laboratory in direct instruction, there are: the score of students is at least 75 (minimum completeness criteria of chemistry subject is 75.

Pengalaman belajar yang diperoleh mahasiswa akan menemukan pendekatan yang realistis untuk memahami topik yang dipelajari dengan menggunakan media pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik materi serta perkembangan teknologi dan informasi. Media pembelajaran dengan mengintegrasikan teknologi multimedia saat ini menjadi pilihan dalam melakukan inovasi dalam pembelajaran sebagai solusi dalam memecahkan permasalahan dalam proses belajar (La'ali Nur Aida, Dewi Maryam,

Fia Fabiola, 2020; Suri, Agustina, Astuti, Bhakti, & Sumarni, 2021; Zhang, Luo, Che, & Duan, 2016). Era digitalisasi memberikan peluang yang lebih luas untuk berinovasi dalam bidang teknologi pembelajaran dalam mengembangkan media pembelajaran berbasis web, untuk memudahkan mahasiswa dalam mengakses materi pembelajaran (Valeriivna Pryshchenko, 2019; Yang et al., 2021).

Melakukan kegiatan praktikum langsung dilaboratorium memberikan pengalaman belajar yang lebih optimal (Schult, Stadler, Becker, Greiff, & Sparfeldt, 2017). Kendala ketidaktersediaan laboratorium untuk media pembelajaran praktikum, mendorong peneliti untuk mengembangkan laboratorium virtual pelapisan logam dengan metode elektroplating. Laboratorium virtual sebagai media inovatif yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan, motivasi, dan kemampuan psikomotorik serta mengasah literasi digital mahasiswa (Cybulski, Keller, Nguyen, & Saundage, 2015). Laboratorium virtual yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai media pembelajaran untuk mengatasi permasalahan yang terjadi terkait dengan kegiatan praktikum dan sumber belajar mandiri mahasiswa. Teknologi digital yang semakin berkembang serta berkontribusi memberikan sumbangan signifikan dalam mengembangkan inovasi media pembelajaran.

Laboratorium virtual merupakan salah satu media pembelajaran yang dikembangkan dengan memanfaatkan perkembangan teknologi multimedia untuk pembelajaran praktikum. Peran laboratorium sangat penting dalam pembelajaran praktikum sebagai media untuk mengembangkan keterampilan melalui interaksi dengan alat dan bahan serta melakukan pengamatan terhadap segala perubahan yang terjadi. Penerapan laboratorium virtual dapat dijadikan solusi untuk memudahkan mahasiswa dalam melakukan kegiatan praktikum secara langsung sehingga

terjadi peningkatan hasil belajar (Musyarofah Bunyamin et al., 2021; Alneyadi, 2019) skills, attitudes, and achievement as well as innovation. Nonetheless, virtual labs were not used regularly and were only used at a narrow scale; however, they increased students' engagement, motivation, and achievement. Results are discussed in light of reexamining the current practices in terms of implementation, frequency, and country-level large-scale use. It is recommended to maximize virtual labs' use and effectiveness. (Alneyadi, 2019. Pelaksanaan praktikum secara virtual dapat menjadikan pembelajaran menjadi lebih efektif dan efisien, meningkatkan kreativitas, kemampuan dan keterampilan memecahkan masalah serta sikap ilmiah (Bortnik et al., 2017; Malik, 2017; Gunawan et al., 2019) preliminary study, design development, and model testing. Model testing was performed on two groups of thermodynamic courses using a pre-test post-test control group design. The instruments that have been used are creativity tests and problem-solving tests in the form of essays. Instruments of creativity include verbal and figural aspects. Each data was analyzed using t-test and normalized gain score. The results showed that there was an increase in creativity and problem-solving skills in both groups. The creativity of students of the experimental group was higher than the control group. Student problem-solving skills in the two groups differed significantly. The experimental group has a higher problem-solving ability than the control group. This suggested that the developed virtual lab model proved to improve the creativity and problem-solving skills ability of prospective physics teachers. Hamed & Aljanazrah, 2020 there is a need to design effective learning environments which are more suitable to students' characteristics in the digital age and can help them to acquire science inquiry and practical skills. Methodology Mixed research methodology is adopted including quasi-experimental design, achievement test, participatory observation, and semi-structured interviews. Two groups of

students were selected: an experimental group (45 students)

Keterbatasan sumber belajar dan sarana prasarana yang menunjang suatu proses pembelajaran dapat berdampak negatif terhadap hasil belajar yang dicapai mahasiswa (She et al., 2012). Permasalahan tersebut juga ditemukan dalam pembelajaran kimia pada Jurusan Teknik Mesin di Politeknik yang mempengaruhi hasil belajar yang dicapai. Mahasiswa beranggapan kimia itu sulit dipahami dan belum menemukan keterkaitan ilmu kimia dengan bidang teknik mesin yang dapat diamati secara langsung (Harmer & Hill, 2021). Beberapa konsep kimia memiliki peran penting dalam mendukung pengembangan kompetensi bidang teknik mesin dalam menyelesaikan masalah di dunia kerja sebagai seorang *engineering*. Misalnya tentang elektroplating, yang dapat dijadikan solusi dalam pemecahan masalah untuk mencegah terjadinya korosi pada logam yang sering ditemukan dilapangan. *Elektroplating* merupakan salah satu submateri kimia yang membutuhkan dukungan kegiatan praktikum untuk dapat melihat langsung proses yang terjadi.

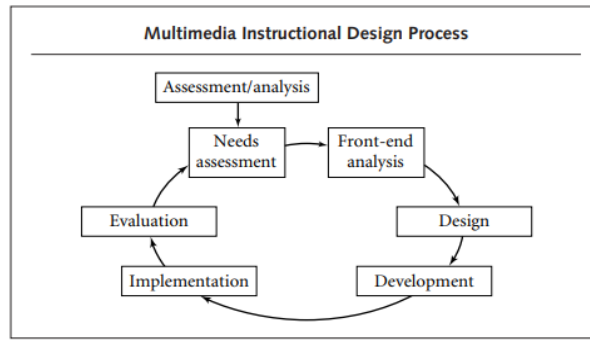
Elektroplating atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik searah melalui suatu larutan elektrolit. *Elektroplating* memberikan perlindungan pada logam yang diinginkan dengan memanfaatkan logam-logam tertentu sebagai lapisan pelindung, misalnya tembaga, nikel, krom, perak, dan sebagainya. Laboratorium virtual kimia merupakan simulasi eksperimen kimia yang berfungsi untuk menangani keterbatasan ketersediaan alat dan bahan di laboratorium dan berpeluang untuk melaksanakan eksperimen tanpa biaya (Dikke et al., 2014; Makransky et al., 2019) cut costs, increase student understanding, and provide more accessible hands on training for future scientists. Many new higher education initiatives outsource lab activities so students now perform them

online in a virtual environment rather than in a classroom setting, thereby saving time and money while increasing accessibility. In this paper we explored whether the learning and motivational outcomes of interacting with a desktop virtual reality (VR. Laboratorium virtual memiliki keunggulan memudahkan pebelajar memahami konsep suatu teori, tidak terbatas oleh waktu, nyaman serta menumbuhkan motivasi (Hawkins & Phelps, 2013; Tatli & Ayas, 2010)

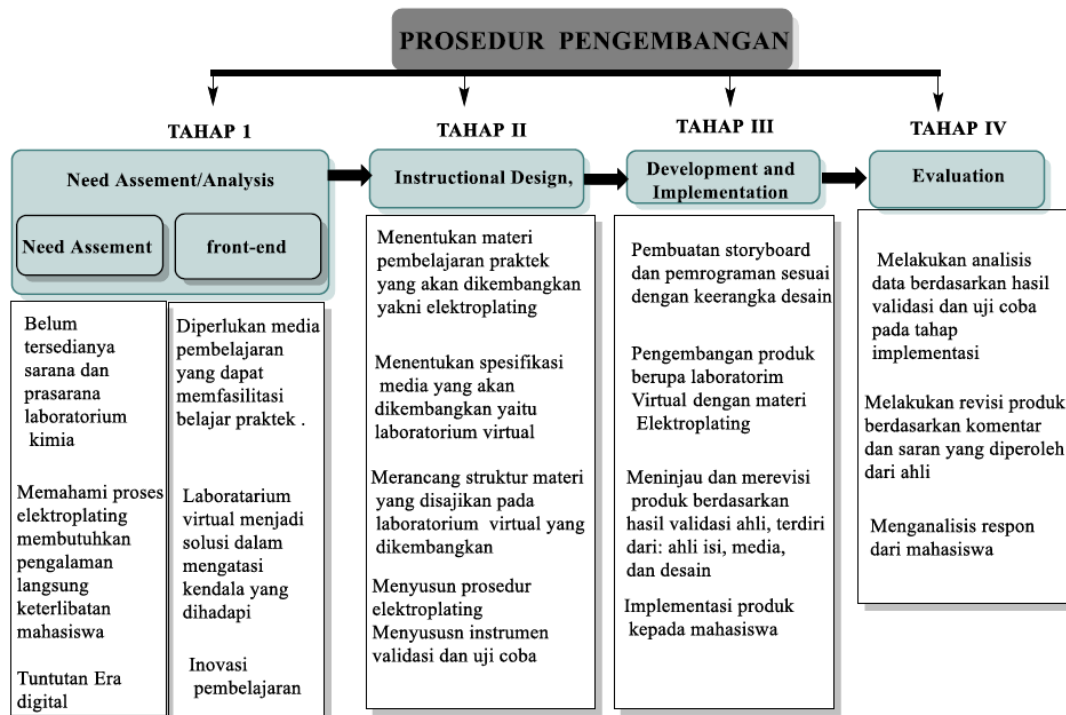
Dibutuhkan solusi dalam memecahkan permasalahan terkait dengan keterbatasan fasilitas laboratorium dengan memanfaatkan perkembangan teknologi multimedia dalam mengembangkan media pembelajaran praktikum. Media akan bermakna bila dalam pembuatannya diselaraskan dengan perubahan tingkah laku pebelajar sebagai pengguna media dan disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai. Teknologi digital yang semakin berkontribusi memberikan sumbangan signifikan mengembangkan inovasi media pembelajaran. Berdasarkan beberapa hasil penelitian yang telah dipaparkan, laboratorium virtual berdampak positif terhadap peningkatan hasil belajar dan efektif. Fakta ini menjadi acuan untuk mengembangkan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran kegiatan pratikum khususnya materi elektroplating.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk laboratorium virtual adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Model pengembangan yang dipergunakan dalam penelitian penelitian harus mencakup ini (1) rancangan penelitian; (2) populasi dan sampel (sasaran penelitian); (3) teknik pengumpulan data dan pengembangan instrumen; (4) dan teknik analisis data (Lee & Diana L. Owens, 2004). Model dan prosedur pengembangan berdasarkan model Lee & Owens disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar. 1 Model Pengembangan (Lee & Diana L. Owens, 2004)



Gambar 2. Prosedur Pengembangan

Responden yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah mahasiswa semester II program studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Instrumen dalam pengambilan data berupa kuisioner serta teknik

analisis data yang dipergunakan adalah analisis deskriptif kualitatif dan analisis statistik deskriptif. Produk dikategorikan valid dari hasil pengujian, jika memenuhi kriteria seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Interpretasi Skor Hasil Validasi

Skor Validitas (%)	Kriteria	Keterangan
81 -100	Sangat valid	Tidak perlu direvisi
61- 80	valid	Tidak perlu direvisi
41 - 60	Cukup valid	Direvisi
21- 40	Kurang valid	Direvisi
0- 20	Tidak valid	Direvisi

Sumber: Adaptasi dari (Sugiyono, 2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil yang telah dicapai dari pengembangan laboratorium virtual berdasarkan tahapan model yang dipergunakan diuraikan sebagai berikut.

1. Need Assessment and Analysis

Pengajaran melalui laboratorium nyata merupakan salah satu ciri dasar pengajaran kimia, sehingga pemanfaatan laboratorium untuk melakukan eksperimen ilmiah sangat penting. Laboratorium untuk praktikum kimia saat ini belum tersedia, sehingga membutuhkan suatu media yang dapat memfasilitasi aktivitas belajar mahasiswa. Untuk lebih memahami konsep-konsep yang diberikan khususnya tentang

pelapisan logam (elektroplating).

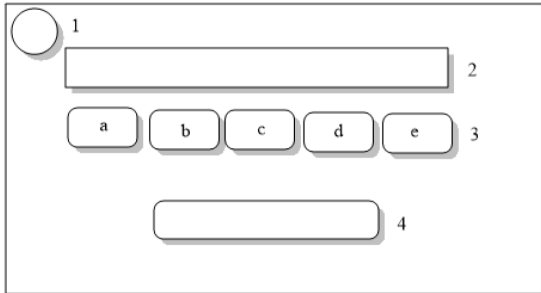

2. Design

Tahap desain merupakan bagian yang terpenting dalam pengembangan dan hasil dari tahap desain ini yakni spesifikasi desain materi yang akan dikembangkan. Materi yang dikembangkan yakni tentang teori elektroplating, prosedur kegiatan praktek elektroplating, simulasi elektroplating dan video elektroplating.

3. Development and Implementation

Kegiatan yang telah dilakukan pada tahap pengembangan ini adalah mengembangkan produk sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dengan di dahului pembuatan story board.

Tabel. 2 Story Board Laboratorium Virtual Elektroplating

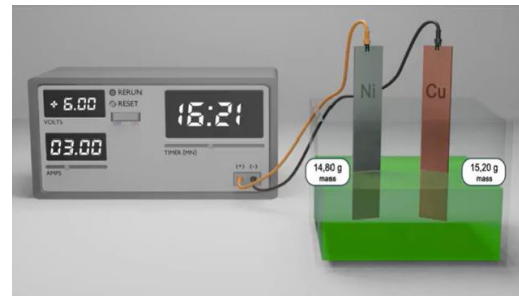
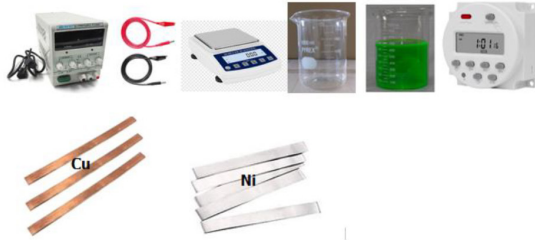
No	Desain	Keterangan
1		Pada tampilan awal terdapat: Logo PNB 1. Judul Materi 2. Menu-menu 3. Nama-nama peneliti
2		Tampilan: a. Capaian Pembelajaran b. Teori c. Prosedur d. Simulasi e. Video

Tampilan prosedur serta simulasi dan dilengkapi dengan tabel pengambilan data disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4 serta Tabel 3. Laboratorium virtual yang dikembangkan,

didukung pula dengan video pelapisan yang dilaksanakan secara langsung, seperti ditampilkan pada Gambar 5.

PROSEDUR ELEKTROPLATING

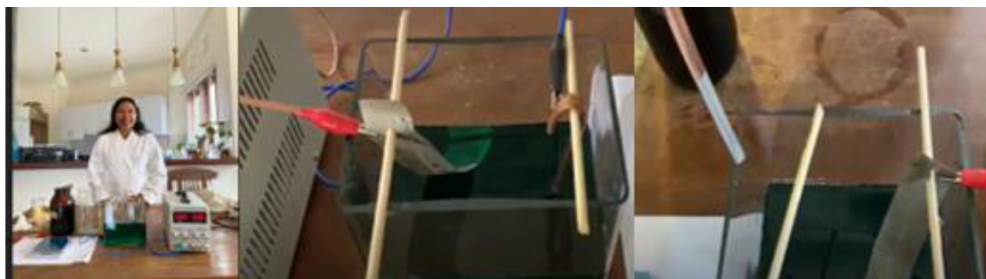
- A. ALAT
 1. Power Supply DC PS-305D 30V-5A
 2. Kabel penghantar
 3. Neraca analitik
 4. Gelas Beaker
 5. Bak pelapisan
 6. Elektroda (logam Tembaga dan Logam Nikel)



Gambar 3. Tampilan Prosedur Elektroplating **Gambar 4. Tampilan Simulasi Elektroplating**

Tabel 3. Tampilan Tabel Pengambilan Data

No	Kuat Arus (A)	Waktu Pelapisan (menit)	Massa Awal elektroda (gram)		Massa Akhir Elektroda (gram)		Massa endapan (gram)
			Anoda (+)	Katoda (-)	Anoda	Katoda	
1	3	20	15	15			
2	3	25	15	15			
3	3	30	15	15			
4	3	35	15	15			
5	3	40	15	15			



Gambar 5. Tampilan Video Elektroplating

Kegiatan yang dilakukan setelah rancangan laboratorium virtual selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah mengintergerasikan hasil

rancangan ke dalam web yang telah dirancang, sehingga memperoleh tautan untuk dapat mengakses produk yang dikembangkan tersebut.



Gambar 6. Laboratorium Virtual Berbasis Web

Hasil Uji Formatif Pengembangan

Uji formatif yang telah dilakukan dalam penelitian pengembangan ini, meliputi uji ahli

isi dan ahli media. Adapun hasil dari penilaian para validator dapat ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Validasi Isi

No		Skala Penilaian				ΣX	n	Persentase (%)
		1	2	3	4			
1	Keluasan materi			1		3	4	75
2	Kedalaman materi			1		3	4	75
3	Akurasi fakta				1	4	4	100
4	Akurasi konsep			1		3	4	75
5	Akurasi prinsip/hukum			1		3	4	75
6	Akurasi teori			1		3	4	75
7	Akurasi perhitungan				1	4	4	100
8	Akurasi penulisan rumus, lambang				1	4	4	100
9	Akurasi penamaan			1		3	4	75
10	Keterkaitan antar konsep, prinsip				1	4	4	100
11	Kesesuaian dengan perkembangan ilmu				1	4	4	100
12	Keterkinian/ketermasaan fitur (contoh-contoh)				1	4	4	100
13	Kutipan termasa (up to date)			1		3	4	75
14	Penggunaan satuan yang benar (Sistem Internasional/SI)				1	4	4	100
15	Menumbuhkan motivasi			1		3	4	75
16	Menumbuhkan semangat inovasi, kreativitas, dan berpikir kritis			1		3	4	75
17	Menumbuhkan rasa ingin tahu				1	4	4	100
18	Memberi tantangan untuk belajar lebih jauh				1	4	4	100
19	Mengembangkan kecakapan personal				1	4	4	100
20	Mengembangkan kecakapan sosial				1	4	4	100
21	Mengembangkan kecakapan akademik			1		3	4	75
22	Mengembangkan kecakapan vokasional				1	4	4	100
23	Menyajikan contoh-contoh konkret yang menunjang kecakapan vokasional				1	4	4	100
Nilai rata-rata								89.13

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Validasi Media

No	Item Pertanyaan	Skala Penilaian				ΣX	n	Persentase (%)
		1	2	3	4			
1	Konsistensi sistemasi sajian				1	4	4	100
2	Kelogisan penyajian			1		3	4	75
3	Keruntutan konsep				1	4	4	100
4	Hubungan antar fakta, antarkonsep, antar teori				1	4	4	100
5	Ketepatan pemanfaatan media untuk penyampaian materi				1	4	4	100

6	Kesesuaian/ketepatan ilustrasi dengan materi			1	4	4	100
7	Ketepatan proporsi/ukuran media			1	3	4	75
8	Keterbacaan teks/font			1	3	4	75
9	Ketepatan simulasi			1	4	4	100
10	Keterlibatan mahasiswa			1	4	4	100
11	Kesesuaian dengan karakteristik mata kuliah			1	3	4	75
12	Kemampuan merangsang kedalaman berpikir mahasiswa			1	3	4	75
13	Kemudahan dipahami			1	3	4	75
14	Kemudahan mengakses			1	3	4	75
15	Kelengkapan prosedur praktikum			1	3	4	75
16	Kemampuan memunculkan umpan balik untuk evaluasi diri			1	4	4	100
Nilai rata-rata							87.50

Respon Mahasiswa

Respon dari mahasiswa terhadap media yang dikembangkan sangat diperlukan untuk mengetahui tanggapan tentang implementasi laboratorium virtual dalam pembelajaran kimia terapan. Mahasiswa yang dilibatkan sebagai

responden adalah mahasiswa yang sudah pernah mengikuti perkuliahan kimia terapan dan diambil secara acak. Persentase rata-rata yang dihasilkan berdasarkan respon yang diberikan, ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 6. Rekapitulasi Respon Mahasiswa

No	Pertanyaan	Ya (%)	Tidak (%)
1	Apakah pembelajaran Kimia Terapan dengan menggunakan laboratorium virtual, menyenangkan bagi anda?	84.62	15.38
2	Apakah penggunaan aplikasi laboratorium virtual dapat mendorong anda untuk belajar?	80.77	19.23
3	Apakah aplikasi laboratorium virtual dapat menambah kejelasan materi pembelajaran	65.38	34.62
4	Apakah simulasi percobaan elektroplating mudah dimengerti ?	80.77	19.23
5	Apakah data hasil eksperimen yang dilakukan mudah diinterpretasikan ?	76.92	23.08
6	Pembelajaran Kimia Terapan dengan menggunakan laboratorium virtual, membantu saya memahami konsep materi tentang elektroplating serta aplikasinya	69.23	30.77
Persentase Rata-Rata		76.28	23.72

PEMBAHASAN

Mengatasi kesenjangan tersebut salah satu teknik yang dapat dijadikan solusi yakni dengan mengembangkan laboratorium virtual. Solusi ini juga didukung dari penemuan hasil-hasil penelitian yang sudah dilaksanakan menyimpulkan bahwa implementasi laboratorium virtual dalam pembelajaran kimia dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik (Tatli & Ayas, 2013). Laboratory applications have generally been neglected in recent educational environments for a variety of reasons. In order to address this gap, this study examined the effect of a virtual chemistry laboratory (VCL; Gungor et al., 2022). Elektroplating merupakan salah satu metode yang dilakukan dalam mencegah terjadinya korosi pada logam dan banyak diterapkan pada bidang keteknikkan khususnya bidang teknik mesin. Media pembelajaran berbasis web merupakan sebuah inovasi yang mempunyai kontribusi sangat besar terhadap perubahan proses pembelajaran. Pengembangan media pembelajaran berbasis web sangat penting dilakukan karena dapat mengintegrasikan berbagai media dalam pembelajaran dan berpengaruh positif terhadap hasil belajar. Media pembelajaran berbasis web merupakan sebuah inovasi yang mempunyai kontribusi sangat besar terhadap perubahan proses pembelajaran. Pengembangan media pembelajaran berbasis web sangat penting dilakukan karena dapat mengintegrasikan berbagai media dalam pembelajaran dan berpengaruh positif terhadap hasil belajar. Pemanfaatan teknologi digital penting karena dapat menyajikan berbagai macam aplikasi pembelajaran, multimedia, simulasi, dan visualisasi berbasis web (Alneyadi, 2019); skills, attitudes, and achievement as well as innovation. Nonetheless, virtual labs were not used regularly and were only used at a narrow scale; however, they increased students' engagement, motivation, and achievement. Results are discussed in light of reexamining the current practices in terms of implementation, frequency, and country-level

large-scale use. It is recommended to maximize virtual labs' use and effectiveness. serta untuk memenuhi keterbatasan akses laboratorium praktikum. Penelitian ini melibatkan 101 yang dijadikan sebagai responden sekaligus subjek penelitian. Dengan pendekatan R&D serta menggunakan model pengembangan Rowntree, produk disempurnakan secara levelitas. Pada tahap pertama tim peneliti mengadakan studi pendahuluan untuk memotret model pembelajaran mahasiswa di era industry 4.0 di tengah pandemi COVID-19. Tahap kedua yaitu membuat model e-learning berbasis virtual laboratory dengan Zoom pada mata kuliah metode penelitian kuantitatif dengan menggunakan software SPSS. Dalam penelitian ini, tim peneliti merancang 2 versi model pelatihan yang dikonsultasikan kepada expert yang kemudian direvisi berdasarkan hasil konsultasi tersebut. Pengujian produk skala kecil dan skala besar dilaksanakan oleh tim peneliti, sehingga pada akhirnya diperoleh produk virtual laboratory secara final. Pada penilaian post-test, hasil penelitian secara positif membuktikan bahwa 99% mahasiswa setuju dengan adanya e-learning berbasis virtual laboratory. Karena itu, virtual laboratory harus segera dibuat pembelajaran daring yang didukung dengan pendekatan active learning, agar mahasiswa mampu mempraktikkan analisis data kuantitatif secara maksimal dengan menggunakan SPSS.

A B S T R A C T The practicum laboratory is one of the crucial factors in lectures whose practice is still experiencing many obstacles during the pandemic in Indonesia. Due to online learning regulations that require students not to be active in campus laboratories. This research with an R&D approach aims to produce e-learning products based on virtual laboratories and meet the limited access to practicum laboratories. This study involved 101 students who were used as respondents and research subjects. With an R&D approach and using the Rowntree development model, the product is refined at a level. In the first stage, the research team conducted a preliminary

study to photograph student learning models in the industrial 4.0 era amid the COVID-19 pandemic. The second stage is to create an e-learning mod. Intergrasi teknologi multimedia dalam pengembangan media pembelajaran terbukti dapat memaksimalkan hasil belajar. Pemrosesan informasi dengan penerapan multimedia pembelajaran dapat mengakomodasi gaya belajar serta menumbuhkan literasi digital dalam menjelaskan proses dalam memahami konsep kimia.

Mengacu pada hasil uji formatif yang dilakukan dalam pengembangan laboratorium virtual untuk materi elektroplating menunjukkan hasil yang sangat valid berdasarkan hasil validasi isi dan media. Persentase rata-rata yang diperoleh pada Tabel 3 dengan nilai 89,13%, data ini menunjukkan untuk aspek isi dari laboratorium virtual yang dikembangkan sudah memenuhi kriteria sangat valid dan tidak perlu direvisi. Sedangkan nilai persentase rata-rata untuk validasi media yakni 87,50%, seperti ditampilkan pada Tabel 4. Hal ini dapat dijelaskan, bahwa laboratorium virtual yang dikembangkan menurut penilaian ahli media sudah sangat valid serta tidak perlu direvisi.

Terkait dengan respon dari mahasiswa terhadap laboratorium virtual yang dikembangkan juga memperlihatkan hasil yang positif. Respon mahasiswa terhadap pengembangan laboratorium virtual dengan materi elektroplating sebagian besar merespon positif yaitu 76,28%, data ini menunjukkan bahwa laboratorium virtual yang dikembangkan memiliki potensi dalam meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep mahasiswa.

Laboratorium virtual sebagai media inovatif yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan, motivasi, dan kemampuan psikomotorik serta mengasah literasi digital mahasiswa. Laboratorium virtual yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai media pembelajaran untuk mengatasi permasalahan

yang terjadi terkait dengan kegiatan praktikum dan sumber belajar mandiri mahasiswa.

Laboratorium sangat penting dalam pengajaran sains di sekolah sampai di perguruan tinggi, karena di laboratorium tempat melaksanakan eksperimen ilmiah (Garcia-Ruiz et al., 2014; . Mengatasi minimnya fasilitas Laboratorium atau bahkan tidak tersedia untuk melaksanakan kegiatan praktikum, laboratorium virtual merupakan solusi yang dapat diimplementasikan dalam proses pembelajaran. Mengacu pada beberapa temuan dalam penelitian yang berkaitan dengan implementasi laboratorium virtual berdampak positif terhadap peningkatan hasil belajar. Tujuan dari kegiatan belajar mengajar dengan menggunakan media Laboratorium virtual adalah agar peserta didik dapat melakukan eksperimen melalui laboratorium maya sebagai pengganti laboratorium nyata. Fakta ini menunjukkan pentingnya dalam melakukan pengembangan berupa laboratorium virtual.

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian pengembangan yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa rancangan laboratorium virtual dikembangkan menggunakan Model Lee & Owens. Berdasarkan hasil uji formatif berdasarkan hasil validasi isi dan media, memperoleh persentase rata-rata, yakni 89,13% dan 87,50%. Nilai-nilai tersebut sangat memenuhi kriteria dan valid. Respon yang diperoleh dari mahasiswa yang disajikan responden dalam penelitian yakni 76,28% menunjukkan respon positif terhadap laboratorium virtual yang dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

Alqadri, Z. (2018). Using Virtual Laboratory in Direct Instruction To Enhance Students' Achievement. *IJAEDU- International E-Journal of Advances in Education*, *IV*(10), 100–108. <https://doi.org/10.18768/ijaedu.415413>

- Alqadri, Z. (2018). Using Virtual Laboratory in Direct Instruction To Enhance Students' Achievement. *IJAEDU- International E-Journal of Advances in Education*, *IV*(10), 100–108. <https://doi.org/10.18768/ijaedu.415413>
- Ancok, Djameluddin, *Membangun Kompetensi Manusia dalam Milenium Ke Tiga*, Psikologika, Jurnal Pemikiran dan Penelitian Psikologi, Nomor: 6 Tahun III, (Yogyakarta: UII Press, 1998)
- Azra, Azyumardi, *Paradigma Baru Pendidikan Nasional, Rekonstruksi dan Demokratisasi*, (Jakarta: Kompas, 2006)
- Bortnik, B., Stozhko, N., Pervukhina, I., Tchernysheva, A., & Belysheva, G. (2017). Effect of virtual analytical chemistry laboratory on enhancing student research skills and practices. *Research in Learning Technology*, *25*. <https://doi.org/10.25304/rlt.v25.1968>
- Bortnik, B., Stozhko, N., Pervukhina, I., Tchernysheva, A., & Belysheva, G. (2017). Effect of virtual analytical chemistry laboratory on enhancing student research skills and practices. *Research in Learning Technology*, *25*. <https://doi.org/10.25304/rlt.v25.1968>
- Cybulski, J. L., Keller, S., Nguyen, L., & Saundage, D. (2015). Creative problem solving in digital space using visual analytics. *Computers in Human Behavior*, *42*, 20–35. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.10.061>
- Cybulski, J. L., Keller, S., Nguyen, L., & Saundage, D. (2015). Creative problem solving in digital space using visual analytics. *Computers in Human Behavior*, *42*, 20–35. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.10.061>
- Dikke, D., Tsourlidaki, E., Zervas, P., Cao, Y. W., Faltin, N., Sotiriou, S., & Sampson, D. (2014). Golabz: Towards a Federation of Online Labs for Inquiry-Based Science Education At School. *Edulearn14: 6th International Conference on Education and New Learning Technologies*.
- Dikke, D., Tsourlidaki, E., Zervas, P., Cao, Y. W., Faltin, N., Sotiriou, S., & Sampson, D. (2014). Golabz: Towards a Federation of Online Labs for Inquiry-Based Science Education At School. *Edulearn14: 6th International Conference on Education and New Learning Technologies*.
- Efendi, A. *Peran Strategis Lembaga Pendidikan Berbasis Islam di Indonesia*, (Jurnal el Tarbawy No.I Volume 1, 2008)
- Faruqi, Ismail Razi al, *Islamization of Knowledge: Problems, Principles and Prospective dalam Islam: Source and porpuse of knowledge (Proceedings & Selected Papers of the Second Conference on Islamization of Knowledge 1402H/1982 AC)*, (International institute of Islamic Thought, 1998)
- Garcia-Ruiz, M. A., C. Santana, P., & Molina, I. (2014). Using Effective Stereoscopic Molecular Model Visualizations in Undergraduate Classrooms. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*. <https://doi.org/10.20533/ijcdse.2042.6364.2014.0223>
- Garcia-Ruiz, M. A., C. Santana, P., & Molina, I. (2014). Using Effective Stereoscopic Molecular Model Visualizations in Undergraduate Classrooms. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*. <https://doi.org/10.20533/ijcdse.2042.6364.2014.0223>
- Gunawan, G., Harjono, A., Sahidu, H., Herayanti, L., Suranti, N. M. Y., & Yahya, F. (2019). Using Virtual Laboratory to Improve Pre-service Physics Teachers' Creativity and Problem-Solving Skills on Thermodynamics Concept. *Journal of Physics: Conference Series*, *1280*(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052038>

- Gunawan, G., Harjono, A., Sahidu, H., Herayanti, L., Suranti, N. M. Y., & Yahya, F. (2019). Using Virtual Laboratory to Improve Pre-service Physics Teachers' Creativity and Problem-Solving Skills on Thermodynamics Concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052038>
- Gungor, A., Kool, D., Lee, M., Avraamidou, L., Eisink, N., Albada, B., ... Bitter, J. H. (2022). The Use of Virtual Reality in A Chemistry Lab and Its Impact on Students' SelfEfficacy, Interest, Self-Concept and Laboratory Anxiety. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(3). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11814>
- Gungor, A., Kool, D., Lee, M., Avraamidou, L., Eisink, N., Albada, B., ... Bitter, J. H. (2022). The Use of Virtual Reality in A Chemistry Lab and Its Impact on Students' SelfEfficacy, Interest, Self-Concept and Laboratory Anxiety. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(3). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11814>
- Hamed, G., & Aljanazrah, A. (2020). The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 977–996. <https://doi.org/10.28945/4668>
- Harmer, N. J., & Hill, A. M. (2021). Unique Data Sets and Bespoke Laboratory Videos: Teaching and Assessing of Experimental Methods and Data Analysis in a Pandemic. *Journal of Chemical Education*, 98(12), 4094–4100. <https://doi.org/10.1021/ACS.JCHEMED.1C00853>
- Harmer, N. J., & Hill, A. M. (2021). Unique Data Sets and Bespoke Laboratory Videos: Teaching and Assessing of Experimental Methods and Data Analysis in a Pandemic. *Journal of Chemical Education*, 98(12), 4094–4100. <https://doi.org/10.1021/ACS.JCHEMED.1C00853>
- Hawkins, I., & Phelps, A. J. (2013). Virtual laboratory vs. traditional laboratory: Which is more effective for teaching electrochemistry? *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/c3rp00070b>
- Hawkins, I., & Phelps, A. J. (2013). Virtual laboratory vs. traditional laboratory: Which is more effective for teaching electrochemistry? *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/c3rp00070b>
- Karim, M. Rusli, *Pendidikan Islam Sebagai Upaya Pembebasan Manusia*, dalam Buku: *Pendidikan Islam di Indonesia antara Cita dan Fakta* (ed. Muslih Usa), (Yogyakarta: Tiara Wacana, 1991)
- La'ali Nur Aida, Dewi Maryam, Fia Fabiola, dll. (2020). Inovasi Media Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Melalui Media Audiovisual. *Terampil: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Dasar*, 7(1), 43-44.
- La'ali Nur Aida, Dewi Maryam, Fia Fabiola, dll. (2020). Inovasi Media Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Melalui Media Audiovisual. *Terampil: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Dasar*, 7(1), 43-44.
- Lee, W. W., & Diana L. Owens. (2004). No Title Multimedia-Based Instructional Design. In *Pfeiffer* (Second Edi). San Francisco.
- Lee, W. W., & Diana L. Owens. (2004). No Title Multimedia-Based Instructional Design. In *Pfeiffer* (Second Edi). San Francisco.
- Ineyadi, S. S. (2019). Virtual lab implementation in science literacy: Emirati science teachers' perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/109285>
- Ineyadi, S. S. (2019). Virtual lab implementation in science literacy: Emirati science teachers' perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/109285>

- Education*, 15(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/109285>
- Makransky, G., Mayer, R. E., Veitch, N., Hood, M., Christensen, K. B., & Gadegaard, H. (2019). Equivalence of using a desktop virtual reality science simulation at home and in class. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214944>
- Makransky, G., Mayer, R. E., Veitch, N., Hood, M., Christensen, K. B., & Gadegaard, H. (2019). Equivalence of using a desktop virtual reality science simulation at home and in class. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214944>
- Malik, A. (2017). Pengembangan higher order thinking laboratory (hot-lab) untuk meningkatkan transferable skills mahasiswa calon guru fisika abstrak. *Jurnal Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Malik, A. (2017). Pengembangan higher order thinking laboratory (hot-lab) untuk meningkatkan transferable skills mahasiswa calon guru fisika abstrak. *Jurnal Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Musyarofah Bunyamin, E., Siregar, E., & Kusumawardani, D. (2021). Need Analysis of Virtual Laboratory for Vocational School Learning Practices During Covid-19 Pandemic. *Journal of Educational Research and Evaluation*, 5(2), 192–199.
- Musyarofah Bunyamin, E., Siregar, E., & Kusumawardani, D. (2021). Need Analysis of Virtual Laboratory for Vocational School Learning Practices During Covid-19 Pandemic. *Journal of Educational Research and Evaluation*, 5(2), 192–199.
- Qadir Muslim, A., Cahyasari, E., & Adip Fanani, M. (2022). Virtual Laboratory: An Alternative Method of Practicum Learning in Higher Education during the Covid-19 Pandemic. *Journal of Education Technology*, Vol. 6, pp. 226–236.
- Qadir Muslim, A., Cahyasari, E., & Adip Fanani, M. (2022). Virtual Laboratory: An Alternative Method of Practicum Learning in Higher Education during the Covid-19 Pandemic. *Journal of Education Technology*, Vol. 6, pp. 226–236.
- Schult, J., Stadler, M., Becker, N., Greiff, S., & Sparfeldt, J. R. (2017). Home alone: Complex problem solving performance benefits from individual online assessment. *Computers in Human Behavior*, 68, 513–519. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.054>
- Schult, J., Stadler, M., Becker, N., Greiff, S., & Sparfeldt, J. R. (2017). Home alone: Complex problem solving performance benefits from individual online assessment. *Computers in Human Behavior*, 68, 513–519. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.054>
- She, H. C., Cheng, M. T., Li, T. W., Wang, C. Y., Chiu, H. T., Lee, P. Z., ... Chuang, M. H. (2012). Web-based undergraduate chemistry problem-solving: The interplay of task performance, domain knowledge and web-searching strategies. *Computers and Education*, 59(2), 750–761. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.005>
- She, H. C., Cheng, M. T., Li, T. W., Wang, C. Y., Chiu, H. T., Lee, P. Z., ... Chuang, M. H. (2012). Web-based undergraduate chemistry problem-solving: The interplay of task performance, domain knowledge and web-searching strategies. *Computers and Education*, 59(2), 750–761. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.005>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif* (1st ed.). Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif* (1st ed.). Bandung: Alfabeta.
- Suri, D. A., Agustina, I., Astuti, D., Bhakti, Y. B., & Sumarni, R. A. (2021). E - Comic Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Konsep Fluida Statis. *Konferensi Tahunan*

- Ke-2. Retrieved from <https://www.atlantispress.com/article/125955462.pdf>
- Suri, D. A., Agustina, I., Astuti, D., Bhakti, Y. B., & Sumarni, R. A. (2021). E - Comic Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Konsep Fluida Statis. *Konferensi Tahunan Ke-2*. Retrieved from <https://www.atlantispress.com/article/125955462.pdf>
- Tafsir, Ahmad, *Ilmu Pendidikan Dalam Perspektif Islam*, (Bandung: Remaja Rosda Karya, 2005)
- Tafsir, Ahmad, *Ilmu Pendidikan Dalam Perspektif Islam*, (Bandung: Remaja Rosda Karya, 2005) Thoha, Chabib, *Kapita Selekta Pendidikan Islam*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 1996)
- Tatli, Z., & Ayas, A. (2010). Virtual laboratory applications in chemistry education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, 938–942. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.263>
- Tatli, Z., & Ayas, A. (2010). Virtual laboratory applications in chemistry education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, 938–942. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.263>
- Tatli, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students ' Achievement. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159–170.
- Tatli, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students ' Achievement. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159–170.
- Usa, Muslih, *Pendidikan Islam di Indonesia; Antara Cita dan Fakta*, (Yogyakarta: Tiara Wacana, 1991)
- Valeriivna Pryshchenko, S. (2019). Creative technologies in advertising design. *Creativity Studies*, 12(1), 146–165. <https://doi.org/10.3846/cs.2019.8403>
- Valeriivna Pryshchenko, S. (2019). Creative technologies in advertising design. *Creativity Studies*, 12(1), 146–165. <https://doi.org/10.3846/cs.2019.8403>
- Yang, S., Lee, J. W., Kim, H. J., Kang, M., Chong, E. R., & Kim, E. mee. (2021). Can an online educational game contribute to developing information literate citizens? *Computers and Education*, 161. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2020.104057>
- Yang, S., Lee, J. W., Kim, H. J., Kang, M., Chong, E. R., & Kim, E. mee. (2021). Can an online educational game contribute to developing information literate citizens? *Computers and Education*, 161. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2020.104057>
- Zhang, Y., Luo, X., Che, X., & Duan, W. (2016). Protective effect of self-compassion to emotional response among students with chronic academic stress. *Frontiers in Psychology*, 7(NOV). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01802>
- Zhang, Y., Luo, X., Che, X., & Duan, W. (2016). Protective effect of self-compassion to emotional response among students with chronic academic stress. *Frontiers in Psychology*, 7(NOV). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01802>