

Ujicoba Penggunaan Teknologi *Virtual Reality* sebagai Media Pembelajaran

Achmad Shabir

Universitas Negeri Makassar

Email: achmadshabir@unm.ac.id

Abstrak

Pembelajaran daring selama pandemi covid-19 berjalan kurang efektif dalam meningkatkan pengalaman belajar. Solusi yang ditawarkan adalah memanfaatkan teknologi *virtual reality* (VR). Aplikasi yang paling cocok untuk kebutuhan ini adalah Youtube VR karena bersifat *open source* dan mudah diakses. Ujicoba VR dilakukan terhadap 56 mahasiswa PGSD Universitas Negeri Makassar menggunakan perangkat VR *low-end* seperti *cardboard* VR dan atau *headset/goggles* VR yang terjangkau. Hasil ujicoba menunjukkan terdapat peningkatan minat belajar dan peningkatan pemahaman peserta terhadap materi yang disampaikan melalui Youtube VR. Kemampuan kognisi yang diperoleh peserta ujicoba mencapai level analisis dan sintesis. Penggunaan bahasa asing tidak menjadi hambatan yang signifikan. Meski demikian, kehadiran VR *sickness* menjadi salah satu penghalang keberhasilan pemanfaatan VR dalam pembelajaran yang perlu diantisipasi sebelum era *metaverse* tiba.

Kata kunci: *virtual reality; belajar daring; ujicoba; Youtube VR; media pembelajaran*

Abstract

Online learning during the COVID-19 pandemic has been less effective in improving the learning experience. One of the solution offered is to utilize virtual reality (VR) technology. The most suitable application for this need is Youtube VR because it is open source and easy to access. VR trials were conducted on 56 students of PGSD Universitas Negeri Makassar using low-end VR devices such as VR cardboard and or affordable VR headsets/goggles. The results of the trial showed that there was an increase in learning interest and participants' understanding of the materials presented through Youtube VR. The cognition skills obtained by the participants reached the level of analysis and synthesis. While the use of a foreign language was not a significant obstacle. However, the presence of VR sickness is one of the barriers for VR successful use in learning which needs to be anticipated before the metaverse era arrives.

Keywords: *virtual reality; online learning; trials; Youtube VR; learning media*

PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 dan kebijakan merdeka belajar membuat proses belajar-mengajar lebih sering dilangsungkan secara daring. Beberapa riset menunjukkan penerapan sistem pembelajaran daring selama pandemi covid-19 kurang berjalan efektif (Aziz et al., 2020; Hikmat et al., 2020; Putria et al., 2020; Widiyono, 2020).

Salah satu solusi yang ditawarkan untuk meningkatkan efektifitas pembelajaran daring adalah dengan memanfaatkan teknologi *virtual reality* (VR) atau realitas maya (Brazley, 2019; Chang et al., 2016; Martín-Gutiérrez et al., 2017). Teknologi *virtual reality* (VR) terbukti meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran dan meningkatkan pengalaman belajar (Cai, 2017; Häkkinä et al., 2018; Hu Au & Lee, 2017; Kamińska et al., 2019; Pantelidis, 2010; Stojšić et al., 2019; Vesisenaho et al., 2019; Zakaria et al., 2020).

VR membantu meningkatkan dan mengoptimalkan pemahaman peserta didik (E. A.-L. Lee & Wong, 2008). Serta lebih baik daripada belajar melalui buku dan atau video pembelajaran biasa (Allcoat & von Mühlhelen, 2018). Banyaknya riset yang menganjurkan

penggunaan *virtual reality* (VR), membuat penulis tertarik menerapkan teknologi ini dalam pembelajaran daring di PGSD UNM.

Dalam rangka itu, perlu dilakukan uji coba penggunaan teknologi *virtual reality* dalam mata kuliah media pembelajaran. Aplikasi yang paling cocok untuk kebutuhan ini adalah Youtube VR karena bersifat *open source* dan mudah diakses. Dengan uji coba ini, diharapkan tingkat awareness mahasiswa PGSD UNM yang masih rendah terhadap teknologi VR (Shabir, 2021), juga bisa teratasi. Peserta uji coba akan mengenal teknologi VR dengan lebih baik dan turut menyebarkan informasi tersebut ke rekan sejawat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang menganalisis hasil uji coba penggunaan teknologi VR sebagai media pembelajaran, namun tanpa membuat kesimpulan yang lebih luas (Sugiyono, 2012 p.29). Uji coba penggunaan *virtual reality* dilakukan setelah sepekan sebelumnya mahasiswa mendapatkan sosialisasi mengenai teknologi *virtual reality* (VR) dan cara membuat *cardboard* VR dari bahan sederhana. Uji coba berlangsung dalam 3 sesi pada 31 Agustus 2020 dan diikuti oleh 56 mahasiswa PGSD UNM sebagai peserta.

Semua peserta uji coba menggunakan *headset VR/cardboard VR*. Ada yang membeli melalui *online shop*, ada pula yang memilih membuat *cardboard VR* sendiri dari bahan kardus bekas dan botol plastik bekas. Selama uji coba, peserta diminta menonton 4 video pembelajaran dari Youtube VR. Video tersebut terbagi atas 4 jenis: 1) video tanpa narasi, 2) video berbahasa Indonesia, 3) video berbahasa Inggris dengan *subtitle* Bahasa Indonesia, 4) video Bahasa Inggris tanpa *subtitle*.

Tautan video tersebut adalah sebagai berikut:

1. Melihat langsung proses pembuahan sel telur oleh sperma (tanpa narasi): <https://www.youtube.com/watch?v=SWREwpDPTuU&list=PLVefD23kvZxXI1xesJLXF4BwCkKJvQ4mfl&index=12&t=17s>
2. Mengeksplorasi sistem tata surya (narasi berbahasa Inggris dengan tambahan *subtitle* Bahasa Indonesia): <https://www.youtube.com/watch?v=0ytyMKa8aps&list=PLVefD23kvZxXI1xesJLXF4BwCkKJvQ4mfl&index=18&t=40s>
3. Mengunjungi peternakan ayam potong (narasi berbahasa Indonesia): <https://www.youtube.com/watch?v=l3E7LtxySmk&list=PLVefD23kvZxXI1xesJLXF4BwCkKJvQ4mfl&index=16&t=0s>
4. Belajar Bahasa Inggris: nama bangun ruang (narasi berbahasa Inggris tanpa *subtitle*): <https://www.youtube.com/watch?v=cTAKUAdu-1q&t=185s>

Peserta menonton keempat video tersebut secara berurutan melalui *smartphone* dengan menggunakan *headset VR/cardboard VR* masing-masing. Total waktu yang dihabiskan untuk menonton keempat video tersebut kurang lebih 15 menit. Mengingat masing-masing video berdurasi singkat antara 2-4 menit saja.

Diakhir uji coba, para peserta mengisi kuesioner Google Formulir, berisi 15 pertanyaan mengenai opini atas pengalaman belajar menggunakan Youtube VR. Seluruh peserta uji coba mengisi kuesioner tanpa terkecuali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan respon peserta yang terekam melalui Google Formulir, penggunaan VR memiliki dampak positif bagi minat belajar maupun kemudahan dalam memahami materi. Respon peserta kemudian disusun dalam tabel ringkas yang lebih mudah dipahami sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Sebanyak 51,8% peserta mengaku VR meningkatkan semangat belajarnya, 21,4% merasakan minat belajarnya membunyah sehingga ingin belajar lebih banyak lagi menggunakan VR. Meski begitu, 3,6% peserta merasa bosan menggunakan VR, dan 23,2% masih ragu-ragu apakah VR membuat minat belajar mereka meningkat atau menurun.

Sebagian besar peserta (83,9%) menikmati proses belajar menggunakan Youtube VR, hanya 7,1% yang mengaku tidak menikmati proses tersebut, dan 8,9% ragu-ragu.

Besarnya minat belajar peserta selama masa ujicoba VR, membuat 71,5% peserta semakin tertarik untuk lebih sering menggunakan VR dalam mempelajari pengetahuan baru. 7,1% tidak lagi ingin menggunakan VR, dan 21,4% masih ragu-ragu. Bahkan 85,7% peserta akan menyarankan keluarga, kerabat dan teman-temannya untuk mencoba belajar menggunakan VR. Hanya 1,8% yang tidak akan menyarankan keluarga, kerabat dan teman-temannya untuk mencoba menggunakan VR, serta 12,5% masih ragu-ragu.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Ujicoba Youtube VR

	Sangat Positif	Positif	Netral	Negatif	Sangat Negatif
Meningkatkan minat belajar	21.4	51.8	23.2	3.6	0.0
Menikmati proses belajar	12.5	71.4	8.9	7.1	0.0
Akan sering menggunakan VR	5.4	66.1	21.4	7.1	0.0
Menyarankan penggunaan VR	7.1	78.6	12.5	1.8	0.0
Kemudahan memahami materi	14.3	60.7	21.4	3.6	0.0
Mampu menganalisis	8.9	53.6	33.9	3.6	0.0
Mampu mensintesis	3.6	73.2	21.4	1.8	0.0
Tingkat imersi	28.6	64.3	7.1	0.0	0.0
<i>Motion sickness</i>	0.0	14.3	14.3	48.2	23.2
Level <i>motion sickness</i>	3.6	19.6	48.2	25.0	3.6
Bahasa asing tidak menghambat	0.0	50.0	32.1	16.1	1.8
Kefasihan berbahasa asing	7.1	8.9	39.3	37.5	7.1
Kemudahan operasi	14.3	67.9	8.9	8.9	0.0
VR bermanfaat	23.2	50.0	21.4	5.4	0.0
Mean	10.7	52.2	22.4	12.1	2.6

Mayoritas peserta menyarankan penggunaan VR, sebab mereka merasakan peningkatan pemahaman terhadap materi yang disampaikan melalui media Youtube VR. 75% peserta merasa VR membuat materi lebih mudah dipahami, hanya 3,6% yang berpendapat sebaliknya, sementara 21,4% masih ragu-ragu.

Jika dibentangkan dalam taksonomi bloom, mayoritas peserta mencapai tahap analisis dan sintesis setelah belajar menggunakan Youtube VR. 62,5% peserta mampu menganalisis pemikiran, pengalaman, dan teori mengenai pengetahuan yang dipelajari atau diperoleh dari Youtube VR. Dan 76,8% peserta mendapatkan penafsiran baru dan ide-ide baru dari materi yang dipelajari melalui Youtube VR.

Penggunaan bahasa asing pada materi Youtube VR bahkan tidak mempengaruhi pemahaman 50% peserta. Hanya 17,9% peserta yang merasa pemahamannya berkurang karena materi disampaikan dalam Bahasa Inggris. Sementara 32,1% ragu-ragu. Padahal kemampuan Bahasa Inggris peserta ujicoba tidaklah begitu fasih. Hanya 16% peserta yang tergolong fasih berbahasa Inggris, 39,3% cukup, dan 44,6% tidak fasih berbahasa Inggris. Meski demikian, penggunaan VR memiliki beberapa kekurangan. Mayoritas peserta (71,4%) merasakan perasaan tidak nyaman selama menggunakan aplikasi Youtube VR. Perasaan tidak nyaman ini disebut dengan *motion sickness*. Yakni gejala pusing dan mual sebagai efek samping penggunaan perangkat VR.

Berdasarkan level atau tingkat ketidaknyamanan yang dirasakan, 28,6% merasakan pusing/mual yang parah, berlangsung lama bahkan hingga setelah selesai menggunakan Youtube VR. Sementara 23,2% hampir tidak merasakan gejala apapun, dan 48,2% peserta menilai ketidaknyamanan seperti pusing yang dirasakan tidaklah begitu parah atau hanya berlangsung sebentar saja. Sebanyak 82,2% peserta juga menilai bahwa Youtube VR mudah dioperasikan. Hanya 8,9% yang berpendapat Youtube VR sulit dioperasikan, dan 8,9% lainnya ragu-ragu. Secara umum, 73,2% peserta menilai aplikasi VR akan banyak

mendatangkan manfaat jika digunakan dalam pembelajaran daring, 5,4% menilai tidak bermanfaat bagi pembelajaran daring sama sekali, dan 21,4% ragu-ragu dalam menilai kemanfaatan aplikasi VR bagi pembelajaran daring.

Berdasarkan rerata sekor opini mahasiswa peserta ujicoba dapat disimpulkan penggunaan Youtube VR cukup efektif dalam rangka memaksimalkan pembelajaran daring yang selama ini berjalan kurang baik selama pandemi covid-19 (lihat tabel 2).

Tabel 2. Mean score ujicoba VR

Sangat Efektif	Efektif	Cukup	Kurang Efektif	Sangat Tidak Efektif
10.7	52.2	22.4	12.1	2.6

Pembahasan

Dampak yang diharapkan dari penggunaan VR adalah meningkatnya minat dan partisipasi belajar. Selain itu, VR juga memudahkan peserta didik dalam memahami materi, baik pada pembelajaran teori maupun praktikum. Hal itu sejalan dengan temuan (Kustandi et al., 2020) pada percobaannya terhadap mahasiswa Universitas Negeri Jakarta menggunakan *cardboard* VR dan Chamillo Learning Management System (LMS). Bukan hanya minat belajar yang meningkat namun juga kemudahan dalam memahami pembelajaran teori dan praktikum. Hasil serupa juga ditemukan (J. H. Lee & Shvetsova, 2019) pada percobaannya di Korea University of Technology and Education.

Meskipun tingkat pemahaman peserta didik yang belajar via media VR dibanding mereka yang belajar melalui buku teks tidaklah begitu berbeda (Allcoat & von Mühlengen, 2018), namun belajar via media VR membuat daya ingat peserta didik terhadap materi menjadi lebih baik dibanding sekedar belajar melalui buku teks maupun video pembelajaran. Meningkatnya daya ingat juga merupakan temuan dari percobaan VR yang dilakukan (Bowman et al., 2009).

Meningkatnya daya ingat kemungkinan besar disebabkan oleh kesan belajar aktif yang diperoleh dari imersi VR. Namun hipotesa ini membutuhkan riset lebih jauh agar dapat dikonfirmasi. Dapat dipahami bahwa imersi dan interaksi membuat pengalaman menggunakan VR terasa sangat nyata bagi pengguna *headset/goggles* VR. Imersi VR tidak hanya menghadirkan sensasi visual dan audio, selayaknya menonton video. Namun juga melibatkan sensasi spasial melalui ilusi kedalaman (*depth*) dan interaksi. Akibatnya sensor panca indera pengguna tidak dapat membedakan antara ilusi dan kenyataan, sehingga merasa benar-benar hadir (*presence*) dalam dunia *virtual*.

Namun ilusi ini rentan rusak sebagai akibat dari *latency* atau keterlambatan (*delay*) tampilan yang ditampilkan perangkat VR (*reaction*) dengan interaksi yang dilakukan pengguna (*action*) (Berberian et al., 2013; Geršak et al., 2020; McNamara et al., 2016; Raaen & Kjellmo, 2015; Wu & Ouhyoung, 2000).

Inilah yang menjadi ihwal hadirnya *motion sickness* atau perasaan mual/pusing yang dirasakan pengguna VR (Kiryu & So, 2007)(Liu & Uang, 2007). *Motion sickness* juga kerap disebut *cybersickness* dan *simulator sickness* (Nesbitt & Nalivaiko, 2018). Namun bahasa yang paling tepat adalah VR *sickness* (Murray, 2020) karena *motion sickness*, *cybersickness*, dan *simulator sickness* berasal dari akar pengalaman yang berbeda (Geršak et al., 2020). *Latency* sangat dipengaruhi oleh spesifikasi perangkat (*hardware*) yang digunakan dan kecepatan transfer data.

Dalam kasus ujicoba Youtube VR, VR *sickness* yang dirasakan oleh hampir semua peserta adalah hasil dari penggunaan perangkat ponsel (*smartphone*) yang kurang kompatibel (Raaen & Kjellmo, 2015) dan kecepatan internet yang tidak stabil atau lambat. Penggunaan *head mounted display* (HMD) dengan lensa yang tidak memenuhi standar juga memunculkan VR *sickness* (Lecon, 2018). Rasa tidak nyaman ini paling banyak dialami oleh peserta yang membuat *cardboard* VR secara mandiri. Karena itu, untuk mewujudkan pembelajaran VR yang lebih mulus diperlukan ketersediaan perangkat yang berspesifikasi lebih dari kebutuhan minimum (*minimum requirement*) dan ketersediaan internet berkecepatan tinggi.

Mempersiapkan infrastruktur tersebut tentu tidak mudah. Sebab tidak semua daerah di Indonesia memiliki *coverage* akses kecepatan internet yang sama/setara.

Di sisi lain, kemampuan ekonomi peserta didik rerata tidak dapat membeli ponsel pintar dengan spesifikasi *mid-end* apalagi *high-end smartphones*. Harga HMD VR yang baik seperti Samsung Gear dan Oculus Quest pun tidaklah murah. Meski begitu, beberapa hasil penelitian menemukan tidak adanya perbedaan tingkat imersif yang signifikan antara penggunaan perangkat VR *low-end* dan *high-end* (Papachristos et al., 2017).

Begitu pun dengan hasil belajar yang diperoleh pengguna perangkat VR *low-end* dan *high-end*, juga tidak memiliki perbedaan yang signifikan (Selzer et al., 2019), meskipun pada dasarnya pengguna perangkat *low-end* merasakan VR *sickness* yang lebih sering dan kuat.

SIMPULAN

Rendahnya pengalaman belajar yang dialami peserta didik selama proses pembelajaran daring dapat disiasati dengan memanfaatkan teknologi *virtual reality* (VR). Teknologi VR cocok dimanfaatkan sebagai media pembelajaran mengingat banyak riset yang menunjukkan dampak positif dari teknologi ini dalam meningkatkan pengalaman belajar peserta didik. Penerapan teknologi VR dalam pembelajaran juga sejalan dengan arah perkembangan teknologi menuju era *metaverse*. Peluncuran Meta Facebook oleh Mark Zuckerberg pada *annual conference* Connect 2021 akan menjadikan teknologi *virtual reality* (VR) dan *augmented reality* (AR) sebagai teknologi lumrah bagi masyarakat awam dalam tahun-tahun yang singkat ke depan (Meta, 2021). Pemanfaatan teknologi VR juga tidak lagi membutuhkan biaya mahal sebab sudah banyak aplikasi yang menyediakan *resource* VR secara gratis. Salah satunya yang terpopuler adalah Youtube VR. Selain itu, harga *head mounted display* (HMD)/*headset*/VR *goggles* juga sudah bervariasi dan terjangkau. Banyak HMD yang dijual bebas secara online mulai dari harga Rp.100 ribu hingga jutaan rupiah. Apalagi, HMD juga bisa diadakan secara mandiri menggunakan bahan kardus dan botol plastik sehingga tampak menyerupai produk Google Cardboard. Hasil ujicoba terhadap 56 mahasiswa PGSD UNM juga menunjukkan hasil yang positif terhadap penggunaan aplikasi Youtube VR dalam pembelajaran daring. Terkhusus untuk mata kuliah Media Pembelajaran. Rerata mahasiswa merasakan peningkatan minat belajar dan peningkatan kemampuan dalam memahami materi yang disampaikan melalui Youtube VR, ketimbang praktik belajar daring tradisional (*video conference* dan *moodle*) yang biasanya berlaku di dunia akademik UNM.

Meski demikian ada beberapa keterbatasan, selain sumber-sumber belajar VR yang tersedia mayoritas masih menggunakan Bahasa Inggris sebagai bahasa pengantar, VR *sickness* atau rasa tidak nyaman berupa gejala pusing dan mual menjadi halangan utama. Sebagian besar peserta merasakan gejala VR *sickness* ini, baik ditingkatkan rendah hingga tingkat yang parah. Solusi jangka pendek untuk keterbatasan sumber belajar berbahasa Indonesia adalah dengan berkontribusi mengunggah *subtitle* Bahasa Indonesia ke pihak Youtube bagi konten-konten yang dianggap cocok dimanfaatkan dalam pembelajaran. Selain itu dibutuhkan penyediaan perangkat *smartphone* dan HMD VR yang lebih baik serta kecepatan internet yang stabil agar potensi munculnya gejala VR *sickness* dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan sama sekali.

DAFTAR PUSTAKA

- Allcoat, D., & von Mühlennen, A. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26(1063519), 1–13. <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2140>
- Aziz, A., Amienny, E. A., Harsoyo, E. V., Pratiwi, M. N., Ramadhan, M. I., Kamila, N. S., & Haerudin. (2020). *Efektivitas Pembelajaran Daring Saat Menghadapi Pandemi Virus Corona*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Berberian, B., Le Blaye, P., Schulte, C., Kinani, N., & Sim, P. R. (2013). Data Transmission Latency and Sense of Control. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*:

- Vol. 8019 LNAI (Issue PART 1, pp. 3–12). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39360-0_1
- Bowman, D. A., Sowndararajan, A., Ragan, E. D., & Kopper, R. (2009). Higher levels of immersion improve procedure memorization performance. In M. Hirose, D. Schmalstieg, C. A. Wingrave, & K. Nishimura (Eds.), *Proceedings of the 15th Joint virtual reality Eurographics conference on Virtual Environments* (pp. 121–128). <https://doi.org/10.2312/EGVE/JVRC09/121-128>
- Brazley, M. D. (2019). Virtual Reality and Distance Education. *Global Journal of Engineering Sciences*, 1(5), 1–6. <https://doi.org/10.33552/gjes.2019.01.000521>
- Cai, Y. (2017). Virtual Reality Technology Enhanced Learning. *EDULEARN17 Proceedings*, 1(March 2017), 245–248. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.1058>
- Chang, X., Zhang, D., & Jin, X. (2016). Application of Virtual Reality Technology in Distance Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 11(11), 76–79. <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/6257>
- Geršak, G., Lu, H., & Guna, J. (2020). Effect of VR technology matureness on VR sickness. *Multimedia Tools and Applications*, 79(21–22), 14491–14507. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6969-2>
- Häkkiälä, J., Colley, A., Väyrynen, J., & Yliharju, A.-J. (2018). Introducing Virtual Reality Technologies to Design Education. *International Journal of Media, Technology and Lifelong Learning Seminar.Net*, 14(1), 1–12.
- Hikmat, Hermawan, E., Aldim, & Irwandi. (2020). Efektivitas Pembelajaran Daring Selama Masa Pandemi Covid-19 : Sebuah Survey Online. *Digital Library, UIN Sunan Gung Djati, Bandung*, 1–7. <http://digilib.uinsgd.ac.id/30625/>
- Hu Au, E., & Lee, J. J. (2017). Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. *International Journal of Innovation in Education*, 4(4), 215. <https://doi.org/10.1504/ijiie.2017.10012691>
- Kamińska, D., Sapiński, T., Wiak, S., Tikk, T., Haamer, R., Avots, E., Helmi, A., Ozcinar, C., & Anbarjafari, G. (2019). Virtual Reality and Its Applications in Education: Survey. *Information*, 10(10), 318. <https://doi.org/10.3390/info10100318>
- Kiryu, T., & So, R. H. Y. (2007). Sensation of presence and cybersickness in applications of virtual reality for advanced rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 4, 1–5. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-4-34>
- Kustandi, C., Fadhillah, D. N., Situmorang, R., Prawiladilaga, D. S., & Hartati, S. (2020). VR Use in Online Learning for Higher Education in Indonesia. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 14(01), 31. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i01.11337>
- Lecon, C. (2018). Motion Sickness in VR Learning Environments. *ATINER ' s Conference Paper Series*, No: COM2018-2514., August. https://www.researchgate.net/publication/327319285_Motion_Sickness_in_VR_Learning_Environments
- Lee, E. A.-L., & Wong, K. W. (2008). A Review of Using Virtual Reality for Learning. In Z. Pan, A. D. Cheok, W. Müller, & A. El Rhalibi (Eds.), *Transactions on Edutainment I* (pp. 231–241). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69744-2_18
- Lee, J. H., & Shvetsova, O. A. (2019). The Impact of VR Application on Student's Competency Development: A Comparative Study of Regular and VR Engineering Classes with Similar Competency Scopes. *Sustainability*, 11(8), 2221. <https://doi.org/10.3390/su11082221>
- Liu, C.-L., & Uang, S.-T. (2007). Measurement and Prediction of Cybersickness on Older Users Caused by a Virtual Environment. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 4555 LNCS* (Issue PART 2, pp. 666–675). https://doi.org/10.1007/978-3-540-73281-5_72
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B., & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 469–486. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a>

- McNamara, C., Proetsch, M., & Lerma, N. (2016). Investigating Low-Cost Virtual Reality Technologies in the Context of an Immersive Maintenance Training Application. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 9740, pp. 621–632). https://doi.org/10.1007/978-3-319-39907-2_59
- Meta. (2021). *Connect 2021: Our vision for the metaverse*. Tech@Facebook. <https://tech.fb.com/connect-2021-our-vision-for-the-metaverse/>
- Murray, J. W. (2020). Virtual Reality Sickness. In *Building Virtual Reality with Unity and SteamVR* (pp. 185–192). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429295850-9>
- Nesbitt, K., & Nalivaiko, E. (2018). Cybersickness. In N. Lee (Ed.), *Encyclopedia of Computer Graphics and Games* (pp. 1–6). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_252-1
- Pantelidis, V. S. (2010). Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1–2), 59–70.
- Papachristos, N. M., Vrellis, I., & Mikropoulos, T. A. (2017). A Comparison between Oculus Rift and a Low-Cost Smartphone VR Headset: Immersive User Experience and Learning. *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 477–481. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.145>
- Putria, H., Maula, L. H., & Uswatun, D. A. (2020). Analisis Proses Pembelajaran Dalam Jaringan (DARING) Masa Pandemi COVID-19 pada Guru Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 3(2), 524–532. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v4i3.416>
- Raaen, K., & Kjellmo, I. (2015). Measuring Latency in Virtual Reality Systems. In K. Chorianopoulos, M. Divitini, J. B. Hauge, L. Jaccheri, & R. Malaka (Eds.), *Entertainment Computing - ICEC 2015* (Vol. 9353, pp. 457–462). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24589-8_40
- Selzer, M. N., Gazcon, N. F., & Larrea, M. L. (2019). Effects of virtual presence and learning outcome using low-end virtual reality systems. *Displays*, 59(May), 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2019.04.002>
- Shabir, A. (2021). Survei Awareness Mahasiswa PGSD UNM Bone Terhadap Teknologi Virtual Reality. *JIKAP PGSD: Jurnal Ilmiah Ilmu Kependidikan*, 5(2), 290. <https://doi.org/10.26858/jkp.v5i2.20492>
- Stojšić, I., Ivkov-Dzigurski, A., & Maričić, O. (2019). *Virtual Reality as a Learning Tool: How and Where to Start with Immersive Teaching* (pp. 353–369). https://doi.org/10.1007/978-3-030-01551-0_18
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Vesisenaho, M., Juntunen, M., Häkkinen, P., Pöysä-Tarhonen, J., Miakush, I., Fagerlund, J., & Parviainen, T. (2019). Virtual Reality in Education: Focus on the Role of Emotions and Physiological Reactivity. *Journal of Virtual World Research*, 12(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.4101/jvwr.v12i1.7329>
- Widiyono, A. (2020). Efektifitas Perkuliahan Daring (Online) pada Mahasiswa PGSD di Saat Pandemi Covid 19. *Jurnal Pendidikan*, Vol. 8, No. 2, Tahun 2020, 8(2), 169–177. <https://unimuda.e-journal.id/jurnalpendidikan/article/download/458/400/>
- Wu, J.-R., & Ouhyoung, M. (2000). On latency compensation and its effects on head-motion trajectories in virtual environments. *The Visual Computer*, 16(2), 79–90. <https://doi.org/10.1007/s003710050198>
- Zakaria, M. A. Z. M., Abuhassna, H., & Ravindaran, K. (2020). Virtual reality acceptance in classrooms: A case study in teaching science. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(2), 1280–1294. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/58922020>