



Pengembangan Model Pembelajaran Geografi Berbasis Virtual Reality dan Augmented Reality Offline untuk Meningkatkan Pemahaman Spasial Siswa di Daerah 3T Kabupaten Malaka

Ivony Sarlin Asa¹⁾, Oce Antipas Langkameng^{2)*}, Gud Reacht Hayat Padjé³⁾, Damian Puling¹⁾

¹⁾STKIP Sinar Pancasila Betun Malaka NTT

²⁾Universitas Persatuan Guru 1945 NTT

³⁾STKIP Surya Kasih

*Correspondence: oncebrocklyn@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini berupaya merespons tantangan kesenjangan teknologi di daerah 3T (Terdepan, Terluar, dan Tertinggal), khususnya di Kabupaten Malaka, Nusa Tenggara Timur, dimana keterbatasan akses internet masih menjadi hambatan dalam pelaksanaan pembelajaran geografi yang memerlukan visualisasi spasial secara optimal. Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan inovasi pembelajaran yang dapat diimplementasikan tanpa ketergantungan pada koneksi internet, sehingga tetap mampu mendukung peningkatan pemahaman spasial siswa. Penelitian bertujuan untuk mengembangkan model pembelajaran geografi berbasis VR/AR offline untuk meningkatkan pemahaman spasial siswa. Menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model Borg & Gall yang dimodifikasi, penelitian melibatkan 30 siswa SMPN 1 Malaka. Data dikumpulkan melalui wawancara, observasi, kuesioner, dan instrumen pretest-posttest, kemudian dianalisis menggunakan NVivo untuk data kualitatif dan SPSS untuk data kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan pemahaman spasial sebesar 35% dengan effect size besar (Cohen's $d = 1,59$). Respon pengguna sangat positif dengan skor kemudahan penggunaan 4,4/5 dan daya tarik visual 4,7/5. Penelitian berhasil menghasilkan model pembelajaran VR/AR offline yang valid, praktis, dan efektif serta dapat diimplementasikan di daerah 3T lainnya dengan adaptasi konten lokal.

Kata Kunci: Pendidikan Geografi; Teknologi VR/AR; Pembelajaran Offline; Daerah 3T; Pengembangan Media

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Daerah 3T (Terdepan, Terluar, Tertinggal) di Indonesia menghadapi tantangan serius dalam transformasi pendidikan digital. Kabupaten Malaka di Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu wilayah 3T yang masih menghadapi tantangan dalam pemerataan akses teknologi digital. Data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa tingkat penggunaan internet masyarakat di Kabupaten Malaka masih relatif rendah dibandingkan rata-rata nasional, dimana pada tahun 2020 hanya sekitar 31,31% penduduk yang menggunakan internet. Selain itu, keterbatasan infrastruktur telekomunikasi masih terlihat dari belum meratanya kualitas sinyal internet di sejumlah desa dan sekolah, sehingga akses terhadap sumber belajar digital belum dapat dinikmati secara optimal. Kondisi tersebut berdampak pada pelaksanaan pembelajaran, khususnya pada mata pelajaran geografi yang memerlukan visualisasi spasial yang kuat. Di sisi lain, keterbatasan ketersediaan perangkat digital serta rendahnya intensitas penggunaan komputer oleh peserta didik semakin memperlebar kesenjangan pembelajaran berbasis teknologi di wilayah ini. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang tidak bergantung pada koneksi internet, seperti pemanfaatan teknologi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) berbasis offline, untuk mendukung proses pembelajaran di daerah 3T. Kabupaten Malaka di Nusa Tenggara Timur merupakan contoh nyata wilayah yang mengalami kesenjangan digital, dimana akses internet yang terbatas menghambat proses pembelajaran, khususnya pada mata pelajaran geografi yang memerlukan pemahaman spasial yang kuat (Setiawan, 2023). Guru dan siswa seringkali harus mencari sinyal di area terbuka untuk mengakses materi digital, mengakibatkan pembelajaran menjadi tidak optimal dan tidak merata.

Pembelajaran geografi esensinya terletak pada kemampuan berpikir spasial (*spatial thinking*) yang membutuhkan visualisasi kuat (Gersmehl, P. J., & Gersmehl, 2011). Namun, studi pendahuluan yang dilakukan peneliti di SMPN 1 Malaka melalui kombinasi metode survei awal, observasi lapangan, dan wawancara terstruktur menunjukkan kondisi yang memprihatinkan terkait pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi. Hasil survei terhadap siswa mengungkapkan bahwa sekitar 95% siswa belum pernah menggunakan media pembelajaran berbasis VR/AR dalam proses pembelajaran. Sementara itu, hasil observasi pembelajaran di kelas menunjukkan bahwa proses pembelajaran geografi masih didominasi metode konvensional tanpa dukungan media visual interaktif yang memadai.

Selain itu, hasil wawancara dengan guru geografi mengungkapkan bahwa sekitar 80% guru mengalami kesulitan dalam menyampaikan materi geografi yang membutuhkan visualisasi spasial karena keterbatasan media pembelajaran yang tersedia. Kondisi ini berdampak pada rendahnya pengalaman belajar berbasis visual dan interaktif bagi siswa. Situasi tersebut mengarah pada munculnya fenomena yang disebut sebagai “kebutaan spasial” (*spatial blindness*), yaitu kondisi ketika siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep geosfer, peta, dan dinamika ruang akibat minimnya pengalaman visualisasi spasial dalam pembelajaran (Jo, I., & Bednarz, 2009).

Teknologi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) telah terbukti mampu menciptakan pengalaman belajar imersif dan meningkatkan pemahaman konseptual (Radianti, J., Majchrzak, 2020) ((Arici, F., Yildirim, 2019). Namun, implementasinya di daerah 3T masih sangat terbatas akibat ketergantungan pada konektivitas internet yang stabil (Freina, L., & Ott, 2015). Studi bibliometrik yang dilakukan terhadap 500 artikel ilmiah yang terbit pada periode 2020–2025 menunjukkan adanya celah penelitian dalam pengembangan model VR/AR berbasis offline yang kontekstual untuk daerah 3T. Analisis dilakukan dengan menelusuri artikel dari basis data Scopus dan Google Scholar menggunakan kata kunci “Virtual Reality in Education”, “Augmented Reality Learning”, dan “spatial ability learning”, kemudian dianalisis menggunakan pendekatan bibliometrik melalui pemetaan kata kunci (*keyword co-occurrence analysis*), analisis tren publikasi, serta pengelompokan tema penelitian (*thematic mapping*) menggunakan perangkat lunak bibliometrik seperti VOSviewer.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kluster penelitian VR/AR dalam pendidikan didominasi oleh tema peningkatan motivasi belajar, keterlibatan siswa, serta integrasi teknologi dalam pembelajaran berbasis internet. Sementara itu, tema yang berkaitan dengan pengembangan VR/AR offline, keterbatasan infrastruktur digital, serta implementasi di wilayah 3T masih berada pada posisi *emerging theme* dengan tingkat kepadatan dan keterhubungan yang rendah dalam peta jaringan kata kunci. Selain itu, sebagian besar studi yang ada juga lebih banyak dilakukan di konteks negara maju atau sekolah dengan dukungan teknologi yang memadai, sehingga konteks pembelajaran di daerah dengan keterbatasan akses internet masih kurang mendapatkan perhatian. Oleh karena itu, terdapat *gap* penelitian yang menunjukkan perlunya pengembangan model VR/AR offline yang kontekstual untuk mendukung pembelajaran di daerah 3T. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pembelajaran geografi berbasis VR/AR yang dapat diakses secara offline dan relevan dengan konteks lokal Malaka. Kebaruan penelitian terletak pada pendekatan “*offline-first design*” yang memungkinkan implementasi teknologi imersif di wilayah dengan infrastruktur terbatas, sekaligus mengintegrasikan konten lokal untuk meningkatkan relevansi pembelajaran.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran geografi berbasis Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) secara offline guna meningkatkan pemahaman spasial siswa di daerah 3T Kabupaten Malaka. Media yang dikembangkan difokuskan pada penyajian materi geografi dalam bentuk visualisasi tiga dimensi interaktif yang dapat digunakan tanpa ketergantungan pada koneksi internet, sehingga lebih sesuai dengan kondisi keterbatasan infrastruktur digital di wilayah penelitian. Pengembangan media ini tidak hanya menekankan aspek teknologi, tetapi juga disesuaikan dengan karakteristik materi geografi dan kebutuhan peserta didik, sehingga diharapkan mampu meningkatkan pengalaman belajar yang lebih konkret, interaktif, dan bermakna dalam memahami konsep-konsep keruangan. Pendekatan *Research and Development (R&D)* dipilih karena memungkinkan proses pengembangan produk pendidikan dilakukan secara sistematis melalui tahapan yang terstruktur. Penelitian ini menggunakan model pengembangan *Borg and Gall* yang telah disederhanakan, yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, perencanaan, pengembangan produk awal, uji coba terbatas, revisi produk, implementasi, serta

evaluasi. Model ini digunakan karena sesuai untuk menghasilkan produk pembelajaran berupa media berbasis teknologi yang kemudian divalidasi dan diuji efektivitasnya dalam konteks pembelajaran di lapangan (Borg, W. R., & Gall, 1983) (Fraenkel, 2019). Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan model, pengembangan prototipe, implementasi terbatas, dan evaluasi. Tahapan tersebut merupakan penyederhanaan dari model Research and Development Borg and Gall yang pada dasarnya terdiri atas 10 tahapan, mulai dari penelitian dan pengumpulan informasi awal, perencanaan, pengembangan produk awal, uji coba lapangan awal, revisi produk, uji coba lapangan utama, revisi produk operasional, uji coba operasional, revisi akhir produk, hingga diseminasi dan implementasi. Penyederhanaan dilakukan dengan mempertimbangkan keterbatasan waktu dan konteks penelitian, tanpa mengurangi esensi utama proses pengembangan, yaitu validasi dan uji efektivitas produk secara bertahap. Pengembangan media dilakukan berdasarkan prinsip multimedia learning yang menekankan integrasi teks, gambar, animasi, dan simulasi interaktif untuk meningkatkan pemahaman peserta didik (Mayer, 2014).

Subjek penelitian terdiri atas guru dan siswa pada sekolah sasaran di Kabupaten Malaka. Teknik pengumpulan data meliputi observasi, wawancara, validasi ahli, angket respons pengguna, dan tes hasil belajar. Pengujian tingkat kegunaan (*usability*) aplikasi dilakukan menggunakan instrumen System Usability Scale (SUS) yang dikembangkan oleh (Brooke, 1996). Data kuantitatif diperoleh melalui tes *pretest* dan *posttest* untuk mengukur peningkatan pemahaman spasial siswa setelah menggunakan model pembelajaran. Peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan rumus Normalized Gain (N-Gain) sebagai berikut:

$$N - Gain = \frac{Skor Posttes - Skor Pretest}{Skor Maksimum - Skor Pretest}$$

Kriteria N-Gain mengacu pada kategori tinggi ($g > 0,70$), sedang ($0,30 \leq g \leq 0,70$), dan rendah ($g < 0,30$). Selain itu, untuk mengetahui besarnya pengaruh penggunaan model VR/AR terhadap peningkatan pemahaman spasial siswa digunakan analisis **Effect Size (Cohen's d)** (Cohen, 1988):

$$d = \frac{X_{Post} - X_{Pre}}{SD_{pooled}}$$

dengan:

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{SD^2_{pre} + SD^2_{post}}{2}}$$

Interpretasi nilai *effect size* mengacu pada Cohen (1988), yaitu:

- $d = 0,20$ (kecil)
- $d = 0,50$ (sedang)
- $d = 0,80$ atau lebih (besar)

Analisis tingkat kelayakan dan penerimaan pengguna terhadap aplikasi dilakukan menggunakan rumus persentase.

Evaluasi penerimaan teknologi dilakukan menggunakan kerangka Technology Acceptance Model (TAM) yang menekankan aspek persepsi kemudahan penggunaan dan persepsi kebermanfaatan teknologi (Davis, 1989). Pengembangan antarmuka aplikasi juga memperhatikan prinsip *usability engineering* dan *user-centered design* (Norman, 2013).

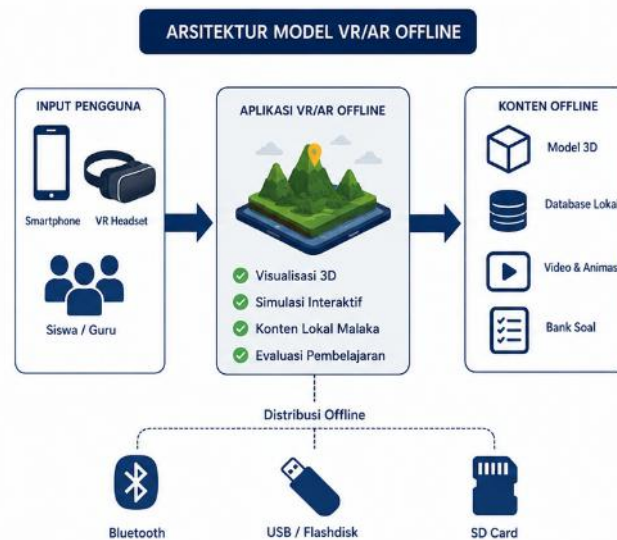
Model pembelajaran yang dikembangkan mengintegrasikan pendekatan *experiential learning* yang menempatkan pengalaman langsung sebagai sumber utama pembelajaran. Melalui simulasi VR dan AR, siswa memperoleh kesempatan untuk mengeksplorasi fenomena geografis secara interaktif sehingga mampu membangun pemahaman spasial yang lebih mendalam dan bermakna (Kolb, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran geografi berbasis Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) offline yang dikembangkan mampu meningkatkan pemahaman spasial siswa secara

signifikan. Peningkatan tersebut diketahui melalui analisis hasil pretest dan posttest yang kemudian dihitung menggunakan rumus Normalized Gain (N-Gain). Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai N-Gain sebesar 0,49 yang berada pada kategori sedang. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran yang dikembangkan mampu memberikan peningkatan kemampuan spasial siswa secara nyata setelah mengikuti proses pembelajaran. Rata-rata nilai siswa mengalami peningkatan dari 58,40 pada saat pretest menjadi 78,84 pada saat posttest. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan teknologi VR dan AR dapat membantu siswa memahami konsep-konsep geografis yang bersifat abstrak melalui visualisasi yang lebih konkret dan interaktif.



Gambar 1. Model AR/VR Offline

Selain dianalisis menggunakan N-Gain, efektivitas model pembelajaran juga diukur menggunakan analisis effect size untuk mengetahui besarnya pengaruh penggunaan model terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Hasil analisis menunjukkan nilai effect size sebesar 1,59. Berdasarkan kriteria (Cohen, 1988), nilai tersebut termasuk dalam kategori sangat besar karena melebihi batas minimal kategori besar yaitu 0,80. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran geografi berbasis VR dan AR offline memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap peningkatan kemampuan spasial siswa. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi imersif dalam pembelajaran mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dibandingkan metode pembelajaran konvensional.

Tingkat kelayakan model pembelajaran yang dikembangkan diperoleh melalui penilaian ahli materi, ahli media, serta respons pengguna menggunakan angket berbasis skala Likert. Hasil analisis menunjukkan bahwa persentase kelayakan produk mencapai 92,0% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Persentase tersebut diperoleh dari penilaian terhadap aspek kesesuaian materi, desain pembelajaran, tampilan media, dan interaktivitas sistem. Tingginya persentase kelayakan menunjukkan bahwa model pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi standar kualitas baik dari aspek akademik maupun aspek teknis sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran geografi pada sekolah yang berada di wilayah 3T.

Pembahasan

Peningkatan Pemahaman Spasial Berdasarkan N-Gain

Nilai N-Gain sebesar 0,49 menunjukkan bahwa model pembelajaran yang dikembangkan mampu meningkatkan pemahaman spasial siswa pada kategori sedang. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi VR dan AR memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih konkret melalui visualisasi objek geografis secara tiga dimensi. Melalui pengalaman tersebut, siswa dapat memahami konsep ruang, lokasi, dan hubungan antarwilayah secara lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan ini sejalan dengan teori multimedia learning yang menyatakan bahwa integrasi teks, gambar, animasi, dan simulasi interaktif dapat meningkatkan proses konstruksi pengetahuan siswa (Mayer, 2014). Selain itu, visualisasi yang bersifat imersif membantu siswa membangun representasi mental yang lebih baik terhadap konsep-konsep geografi yang bersifat abstrak.

Pengaruh Model Pembelajaran Berdasarkan Effect Size

Hasil perhitungan effect size sebesar 1,59 menunjukkan bahwa model pembelajaran yang dikembangkan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap peningkatan kemampuan spasial siswa. Nilai tersebut jauh melebihi batas kategori besar menurut (Cohen, 1988), yaitu 0,80. Besarnya pengaruh tersebut menunjukkan bahwa penggunaan VR/AR tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga mengubah cara siswa memahami informasi spasial. Lingkungan belajar yang interaktif memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan eksplorasi secara mandiri sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna. Hasil ini memperkuat berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa teknologi imersif memiliki efektivitas tinggi dalam pembelajaran geografi dan ilmu kebumihian.

Kelayakan Produk Berdasarkan Persentase Skor Angket

Persentase kelayakan sebesar 92,0% menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan telah memenuhi standar kualitas dari aspek materi, desain pembelajaran, tampilan media, dan interaktivitas. Tingginya skor pada aspek tampilan media mengindikasikan bahwa visualisasi tiga dimensi yang disajikan mampu meningkatkan ketertarikan siswa terhadap pembelajaran. Selain itu, tingginya skor interaktivitas menunjukkan bahwa siswa dapat berpartisipasi secara aktif selama proses pembelajaran berlangsung. Kondisi ini sesuai dengan prinsip experiential learning yang menempatkan pengalaman langsung sebagai sumber utama pembelajaran (Kolb, 1984) Arici, F., Yildirim, P. (2019).

Oleh karena itu, model pembelajaran berbasis VR/AR offline tidak hanya layak digunakan, tetapi juga memiliki potensi untuk diterapkan secara lebih luas pada sekolah-sekolah di wilayah 3T.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Penelitian

Analisis	Hasil	Kategori
N-Gain	0,49	Sedang
Effect Size	1,59	Sangat Besar
Persentase Kelayakan	92,0%	Sangat Layak

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model pembelajaran geografi berbasis Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) offline yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman spasial siswa di daerah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T), khususnya di Kabupaten Malaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang dikembangkan memiliki tingkat kelayakan yang sangat tinggi dengan persentase rata-rata sebesar 92,0%, sehingga memenuhi kriteria sangat layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Kelayakan tersebut mencakup aspek kesesuaian materi, desain pembelajaran, tampilan media, dan interaktivitas yang mampu mendukung keterlibatan siswa secara aktif dalam kegiatan belajar.

Dari aspek efektivitas, hasil analisis N-Gain sebesar 0,49 menunjukkan bahwa model pembelajaran yang dikembangkan mampu meningkatkan pemahaman spasial siswa pada kategori sedang. Selain itu, nilai effect size sebesar 1,59 menunjukkan pengaruh yang sangat besar terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Temuan ini membuktikan bahwa penggunaan teknologi VR dan AR mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret, interaktif, dan bermakna dibandingkan pembelajaran konvensional. Visualisasi tiga dimensi dan simulasi lingkungan geografis membantu siswa memahami konsep spasial secara lebih mendalam melalui pengalaman belajar yang bersifat imersif.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pendekatan offline-first menjadi solusi yang efektif dalam mengatasi keterbatasan infrastruktur digital yang masih menjadi tantangan utama di wilayah 3T. Kemampuan aplikasi untuk beroperasi tanpa koneksi internet memungkinkan proses pembelajaran berbasis teknologi tetap berlangsung secara optimal. Dengan demikian, model pembelajaran geografi berbasis VR dan AR offline tidak hanya efektif meningkatkan pemahaman spasial siswa, tetapi juga relevan, adaptif, dan berkelanjutan untuk diterapkan pada sekolah-sekolah di daerah dengan keterbatasan akses teknologi. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan inovasi pembelajaran digital yang lebih inklusif serta mendukung upaya pemerataan kualitas pendidikan di Indonesia.

Daftar Pustaka

- Arici, F., Yildirim, P. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers, Computers & Education*, 142, 103647. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103647>
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1983). *Educational research: An introduction* (p. 4th ed). Longman.
- Brooke, J. (1996). A quick and dirty usability scale. In. *Usability Evaluation in Industry*, 189-194.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/249008>
- Fraenkel, J. R. (2019). *How to design and evaluate research in education*. McGraw-Hill Education, 10th ed.
- Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In *Proceedings of ELearning and Software for Education (ELSE)*, 133-141. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2521424>
- Gersmehl, P. J., & Gersmehl, C. A. (2011). Spatial thinking by young children: Neurologic evidence for early development and educability. *Journal of Geography*, 106(5), 181-191. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00221340701809108>
- Jo, I., & Bednarz, S. W. (2009). Evaluating geography textbook questions from a spatial perspective. *Journal of Geography*, 108(1), 4-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00221340902758401>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. In *Prentice Hall*. Prentice- Hall.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press., 2nd ed.
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things (Revised and expanded ed.)*. Basic Books.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147(1), 103778. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Setiawan, A. (2023). Digital divide dalam pendidikan di wilayah 3T: Studi kasus Kabupaten Malaka. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 13(1), 27-36. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0>