



Virtual Reality Integration in Geography: Meningkatkan Environmental Problem Solving Ability Siswa pada Kajian Konservasi DAS

Nurul Afifah¹, Alfyananda Kurnia Putra^{2*}, Alan Hibatul Haqqi³ 

^{1,2,3} Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received September 27, 2023

Accepted January 10, 2024

Available online February 25, 2024

Kata Kunci:

Geografi, Pemecahan Masalah Lingkungan, Virtual Reality.

Keywords:

Geography, Environmental Problem Solving, Virtual Reality.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2024 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Rendahnya kemampuan siswa dalam memecahkan masalah lingkungan menjadi permasalahan dalam pembelajaran geografi abad 21. Guru memerlukan upaya untuk meningkatkan kemampuan tersebut di dalam kelas melalui pembelajaran inovatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa melalui implementasi media Virtual Reality dalam pembelajaran geografi. Penelitian ini menggunakan metode Classroom Action Research (CAR) dengan subjek 30 siswa kelas X IPS 1 SMA. Kemampuan pemecahan masalah lingkungan diamati dalam dua siklus yang masing-masing terdiri dari empat tahapan yakni perencanaan, pelaksanaan tindakan, observasi dan refleksi. Pengumpulan data melalui observasi dan tes kemampuan pemecahan masalah mengenai permasalahan lingkungan pada materi konservasi DAS. Data primer dianalisis secara deskriptif kualitatif dengan pemaknaan secara kontekstual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa sebesar 36% (memberikan rekomendasi pemecahan masalah). Oleh karena itu, guru diharapkan dapat mengintegrasikan teknologi untuk mendukung pembelajaran sehingga siswa memiliki keterampilan pemecahan masalah yang baik dalam mencari solusi permasalahan lingkungan. Guru dapat memaksimalkan pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran geografi untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa agar tercipta outcome lulusan mata pelajaran geografi yang berkualitas.

ABSTRACT

Students' low ability to solve environmental problems is a problem in 21st century geography learning. Teachers need efforts to improve this ability in the classroom through innovative learning. This research aims to analyze the increase in students' environmental problem solving abilities by implementing Virtual Reality media in geography learning. This research used the Classroom Action Research (CAR) method with 30 class X IPS 1 SMA students as subjects. Environmental problem solving abilities were observed in two cycles, each consisting of four stages: planning, implementing actions, observing and reflecting. Data collection through observation and problem-solving ability tests regarding environmental problems in watershed conservation material. Primary data was analyzed descriptively qualitatively with contextual meaning. The research results showed % increase in students' environmental problem solving abilities by 36% (providing problem solving recommendations). Therefore, teachers are expected to be able to integrate technology to support learning so that students have good problem solving skills in finding solutions to environmental problems. Teachers can maximize the use of technology in geography learning to improve students' environmental problem-solving abilities to create quality geography subject graduate outcomes.

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran geografi abad 21 bertujuan untuk mempersiapkan kemampuan pemecahan masalah siswa dalam menghadapi tantangan lingkungan masa mendatang yang tidak pasti. Kecakapan memecahkan masalah sebagai keterampilan inovatif merupakan proses mencari solusi permasalahan melalui aktivitas memperoleh dan mengolah informasi (Dewi et al., 2021; Khairunnisa et al., 2022;

Corresponding author.

*E-mail address: alfyananda.fis@um.ac.id (Alfyananda Kurnia Putra)

Ridhwan, Sumarmi, Ruja et al., 2020). Keterampilan tersebut sebagai salah satu komponen kurikulum saat ini, dibutuhkan dalam pembelajaran geografi yang bersifat kontekstual (Hasnah, 2023; Hindiyati et al., 2022). Pembelajaran geografi berorientasi terhadap fenomena geosfer yang ada di lingkungan sekitar siswa. Pembelajaran geografi melatih siswa untuk responsif terhadap keadaan lingkungan yang ada di permukaan bumi dengan menerapkan perspektif keruangan (Bagus & Astawa, 2022; Indriana et al., 2021; Nurjannah et al., 2020). Fenomena geosfer yang ada di sekitar siswa, digunakan sebagai sarana mengkonstruksi kemampuan siswa dalam mengatasi masalah lingkungan (Prastiwi et al., 2019). Sehingga kemampuan pemecahan masalah lingkungan menjadi keterampilan inovatif yang esensial dalam pembelajaran geografi (A. K. Putra et al., 2022). Implementasi pemecahan masalah lingkungan merupakan hasil dari proses siswa dalam merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan memberikan rekomendasi pemecahan masalah lingkungan. Kesadaran terhadap permasalahan lingkungan sekitar dapat membantu siswa dalam proses pemecahan masalah lingkungan (Gusnia, 2022; Immaniar et al., 2019). Sikap (*attitude*) serta tingkah laku bertanggung jawab siswa terhadap lingkungan (*behavior*) dapat memengaruhi kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah lingkungan (Amin et al., 2020; Kusumaningrum, 2020).

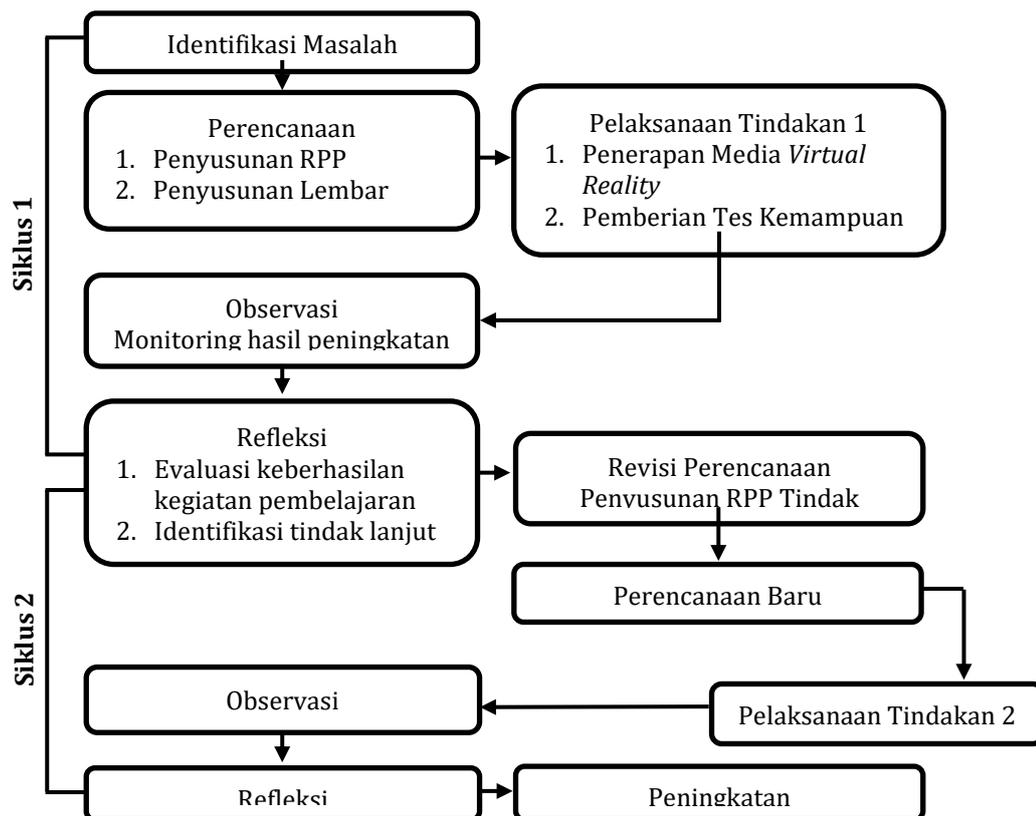
Realita yang terjadi saat ini, menunjukkan rendahnya kemampuan siswa dalam memecahkan masalah lingkungan. Kebanyakan siswa seringkali mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan memahami masalah lingkungan yang kian semakin kompleks (Ichsan et al., 2019). Berdasarkan pada penelitian sebelumnya, keadaan demikian disebabkan oleh pembelajaran geografi khususnya terkait lingkungan kurang menarik (Araia-Alba et al., 2021; Guo et al., 2018; Huang et al., 2021; Kamil et al., 2019). Pembelajaran tersebut berakibat pada minimnya atensi dan kesadaran siswa mengenai isu-isu lingkungan (Boca & Saraçlı, 2019; Debrah et al., 2021). Selain itu, kurangnya pengalaman langsung berinteraksi dengan alam dalam pembelajaran, semakin mempersulit siswa dalam memahami masalah lingkungan yang sedang terjadi (Rosa & Collado, 2019). Hal tersebut memengaruhi aktivitas siswa dalam mengembangkan kemampuan memecahkan masalah lingkungan (Chawla, 2020). Berdasarkan hasil observasi awal mengenai kegiatan pembelajaran dan keseluruhan lingkungan kelas yang dilakukan oleh peneliti sebagai guru, menunjukkan kurangnya tanggung jawab siswa terhadap lingkungan sekolah pada kelas X IPS 1 SMAI Almaarif Singosari. Hal tersebut ditunjukkan oleh perilaku siswa dalam membuang sampah tidak pada tempatnya. Lingkungan kelas sebagai tempat belajar sering kotor karena piket tidak berjalan sesuai jadwal. Loker meja menjadi tempat sampah sementara karena siswa malas untuk membuang ke tempat sampah. Kurangnya kepekaan siswa terhadap permasalahan lingkungan seperti keadaan demikian, menyebabkan rendahnya kemampuan siswa dalam menyelesaikan permasalahan lingkungan (Ramadhan et al., 2019). Sehingga menjadi penting untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa dalam pembelajaran (Taub et al., 2020).

Menumbuhkan kemampuan memecahkan terhadap permasalahan lingkungan sekitar dapat melalui proses pembelajaran yang kreatif dan inovatif. Hal tersebut dapat tercipta melalui penggunaan teknologi yang lebih kompleks dalam proses pembelajaran geografi yang kontekstual (Lian & Amiruddin, 2021; A. K. Putra et al., 2022). Sehingga siswa dapat terlibat untuk berinteraksi secara aktif dengan objek meskipun belajar di dalam kelas (Primayana et al., 2019). Penggunaan teknologi tersebut dapat dihadirkan melalui pemanfaatan imersif menggunakan media *Virtual Reality* untuk mengkonstruksi kemampuan siswa dalam memecahkan masalah lingkungan pada proses pembelajaran (A. K. Putra et al., 2022; Salsabila et al., 2022). Teknologi digital dengan pemanfaatan imersif tidak terlepas dari perkembangan media *Virtual Reality* yang memberikan pengalaman nyata dalam pembelajaran. *Virtual Reality* memanfaatkan teknologi sehingga siswa dapat merasakan lingkungan yang disimulasikan (Albus et al., 2021; Wahab et al., 2022). Simulasi dalam penggunaan *Virtual Reality* menunjukkan keberadaan pada lingkungan aslinya secara realistis (Rizal et al., 2020; Syafril et al., 2020). *Virtual Reality* dapat memunculkan gambaran mengenai kondisi keruangan yang terlihat realistis sehingga siswa seperti berada langsung secara fisik dalam lingkungan keruangan tersebut (Thuan et al., 2019). Keruangan yang realistis membuat siswa dapat aktif seolah-olah tidak ada batasan antara keadaan dunia nyata dan dunia digital (Siregar & Marpaung, 2020). Media *Virtual Reality* membutuhkan perangkat pendukung berupa *Controller* untuk menampilkan secara virtual dengan penggunaan perantara seperti kacamata dan *headset* untuk memberikan efek audio (Herz & Rauschnabel, 2019). Kelebihan media *Virtual Reality* dapat memberikan pengalaman imersif dalam pembelajaran geografi yang mempelajari tentang fenomena geosfer di lingkungan sekitar siswa. Konservasi Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan salah satu topik bahasan dalam sub-materi Hidrosfer. Pada topik bahasan tersebut dipelajari bagaimana mengelola kehidupan wilayah sungai dengan memperhatikan lingkungan. Kehidupan pada wilayah DAS saat ini menjadi fokus utama dalam pengelolaan lingkungan (D. A. Putra et al., 2019). Pengelolaan tersebut tidak terlepas dari permasalahan-permasalahan lingkungan di wilayah DAS seperti, penurunan kualitas sumber daya dan alih fungsi lahan daerah sekitar DAS (Sabila et al., 2023). Permasalahan tersebut memerlukan

solusi yang komprehensif, salah satunya melalui langkah konservasi yang tepat. Sejalan dengan itu, guru dapat memanfaatkan media *virtual reality* sebagai sarana belajar konservasi DAS. Penggunaan media Virtual Reality dapat membawa siswa pada simulasi interaktif yang menampilkan kondisi riil daerah aliran sungai, termasuk lingkungan sekitarnya dan berbagai kehidupan alam yang terkait. Melalui pengamatan virtual, siswa dapat memahami secara lebih mendalam tentang pentingnya kebersihan dan keseimbangan ekosistem di sekitar DAS (Tompson et al., 2018). Pemahaman yang lebih baik dapat meningkatkan kesadaran siswa terkait konservasi DAS (Suhartono et al., 2023). Sehingga siswa dapat lebih tergerak untuk berkontribusi memberikan solusi konservasi yang tepat sebagai upaya melindungi DAS secara berkelanjutan. Penerapan media *Virtual Reality* pada topik bahasan Konservasi DAS dalam pembelajaran dapat membantu menstimulasi kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa. Temuan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa media Virtual Reality dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah kompleks siswa (Salsabila et al., 2022). Virtual Reality sebagai media belajar dapat membangkitkan rasa ingin tahu siswa sehingga memiliki kemampuan pemecahan masalah yang lebih baik (Araia-Alba et al., 2021; Huang et al., 2021). Integrasi *Virtual Reality* dalam pembelajaran geografi sebagai keterbaruan (*novelty*) dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan pengalaman imersif yang dapat membantu meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah lingkungan. Berdasarkan permasalahan kemampuan pemecahan masalah lingkungan pada kelas X IPS 1, maka solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini yaitu dengan menerapkan media *Virtual Reality* dalam pembelajaran. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa melalui implementasi media *Virtual Reality*.

2. METODE

Penelitian ini merupakan Penelitian Tindakan Kelas atau *Classroom Action Research* (CAR) yang mengacu pada model John Elliott. Penelitian dilakukan di SMA Islam Almaarif Singosari, Kabupaten Malang dengan subjek siswa kelas X IPS 1 sebanyak 30 siswa.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian Tindakan Kelas Model John Elliot (2011)

Pemilihan subjek penelitian berdasarkan pada pertimbangan bahwa subjek tersebut memiliki permasalahan berupa rendahnya kemampuan memecahkan masalah lingkungan yang teridentifikasi saat observasi awal dilakukan. Kajian materi dalam penelitian ini yakni kajian Perairan Darat mengenai air permukaan dan air tanah, serta Konservasi DAS meliputi pencemaran DAS dan jenis-jenis konservasi DAS.

Diagram alur penelitian tindakan kelas Model John Elliot disajikan pada [Gambar 1](#). Kemampuan pemecahan masalah lingkungan diamati dalam dua siklus yang masing-masing terdiri dari empat tahapan yakni perencanaan, pelaksanaan tindakan, observasi dan refleksi. Siklus 1 terdiri dari 2 pertemuan dilaksanakan selama 2 minggu. Penyusunan RPP, lembar penilaian dalam bentuk LKPD dan lembar observasi dilakukan pada tahap perencanaan. Penerapan media *Virtual Reality* dalam pembelajaran menggunakan model *Geographical Inquiry* seperti pada [Tabel 1](#). Pada siklus 1 pembelajaran menggunakan media *Virtual Reality* berjalan seperti berikut. Guru memberikan materi pengantar terkait perairan darat melalui *power point*. Setelah itu, siswa dikelompokkan untuk berdiskusi mengenai permasalahan DAS. Permasalahan tersebut disajikan dalam bentuk video menggunakan kacamata *Virtual Reality*. Setiap kelompok memilih perwakilan untuk melakukan pengamatan virtual menggunakan kacamata *Virtual Reality*. Hasil pengamatan tersebut kemudian digunakan untuk berdiskusi dalam merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data pendukung hingga memberikan rekomendasi pemecahan masalah. Selanjutnya, hasil diskusi akan dipresentasikan oleh perwakilan kelompok di depan kelas. Hal tersebut akan membantu siswa untuk lebih berani menyuarakan pendapat dan idenya dalam memecahkan masalah di depan kelas ([Lubis & Dewi, 2023](#)). Melalui pelaksanaan pembelajaran menggunakan media *Virtual Reality* guru melakukan refleksi berupa evaluasi kegiatan pembelajaran yang akan diperbaiki pada siklus 2.

Tabel 1. Sintaks Model *Geographical Inquiry*

Sintaks	Deskripsi	Penggunaan <i>Virtual Reality</i>
<i>Ask a geographic question</i>	<ol style="list-style-type: none"> Siswa diberikan sebuah permasalahan DAS melalui video menggunakan media <i>Virtual Reality</i> Siswa mengidentifikasi permasalahan dan merumuskannya dalam bentuk pertanyaan atau hipotesis 	Media <i>virtual reality</i> digunakan oleh siswa untuk melakukan observasi virtual fenomena geosfer berupa kerusakan lingkungan DAS. Siswa mengamati bagaimana pencemaran dapat mempengaruhi ekosistem sungai dan kehidupan didalamnya.
<i>Acquire geographic resources</i>	<ol style="list-style-type: none"> Siswa mengumpulkan informasi dari sumber yang relevan berkaitan dengan pertanyaan/hipotesis yang telah dirumuskan. 	
<i>Explore geographic data</i>	<ol style="list-style-type: none"> Siswa mengolah informasi yang didapat menjadi data dalam bentuk tabel 	Media <i>virtual reality</i> digunakan oleh siswa sebagai alat bantu untuk menganalisis data yang ada terkait fenomena geosfer berupa kerusakan lingkungan DAS yang kemudian dijadikan acuan untuk menentukan solusi dan memberikan rekomendasi pemecahan masalah.
<i>Analyze geographic information</i>	<ol style="list-style-type: none"> Siswa menentukan hubungan antara data yang telah didapat dengan pertanyaan atau hipotesis yang telah dibuat Guru mendampingi siswa dalam menganalisis data dengan pertanyaan atau hipotesis 	
<i>Act on geographic knowledge</i>	<ol style="list-style-type: none"> Siswa menggunakan hasil analisis untuk memberikan rekomendasi pemecahan masalah Siswa menarik kesimpulan berdasarkan hasil pemecahan masalah yang telah dilakukan Siswa mempresentasikan hasil identifikasi di depan kelas Guru memberikan penguatan terhadap identifikasi masalah yang telah dilakukan 	Pada sintaks ini media <i>virtual reality</i> digunakan oleh siswa untuk memaparkan hasil identifikasi dan analisis di hadapan kelas. Siswa dapat menggunakan media <i>virtual reality</i> sebagai penguat terhadap ide solusi dan rekomendasi pemecahan masalah yang akan diberikan.

Pelaksanaan pembelajaran pada siklus 2 mengacu pada perencanaan baru yang disusun berdasarkan perbaikan. Pada siklus ini, pembelajaran mengenai materi konservasi DAS tetap dilakukan secara berkelompok. Dalam proses pembelajaran, video *Virtual Reality* ditampilkan melalui proyektor

sehingga siswa lain yang tidak mencoba juga dapat memperhatikan. Melalui pengamatan tersebut, semua anggota kelompok dapat memahami konteks permasalahan yang terdapat dalam video (Khairunnisa et al., 2022). Perbaikan tersebut kemudian dapat memicu terjadinya peningkatan yang signifikan pada kemampuan siswa dalam memecahkan masalah lingkungan. Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data berupa observasi dan tes. Data kondisi awal mengenai sikap dan tanggung jawab siswa terhadap lingkungan diperoleh melalui observasi. Observasi dilakukan secara langsung oleh guru, peneliti, dan rekan peneliti selama 2 minggu sebelum penelitian dilakukan di SMA Islam Almaarif Singosari. Observasi dilakukan terhadap kegiatan pembelajaran serta lingkungan kelas secara keseluruhan. Kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa diperoleh melalui tes. Tes kemampuan pemecahan masalah lingkungan tersusun atas 8 soal esai yang dibuat berdasarkan indikator kemampuan pemecahan masalah lingkungan seperti pada Tabel 2. Tes dilakukan tiga kali pada prasiklus, siklus 1, dan siklus 2. Prasiklus dilakukan sebelum penerapan media VR dalam pembelajaran. Lalu tes siklus 1, dilakukan pada pertemuan kedua saat siklus 1 berakhir. Sedangkan tes siklus 2, dilaksanakan pada pertemuan kedua saat siklus 2 berakhir. Pemberian tes pada pra siklus, dimaksudkan untuk mengidentifikasi kompetensi awal siswa dalam memecahkan masalah lingkungan, sedangkan pemberian tes pada akhir siklus 1 dan 2 bertujuan untuk mengukur peningkatan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa setelah diberikan tindakan.

Tabel 2. Indikator & Soal Tes *Environmental Problem Solving Ability*

Indikator	Pertanyaan
Merumuskan Masalah	1. Bagaimana permasalahan yang muncul pada uraian fenomena geosfer tersebut?
Merumuskan Hipotesis	2. Analisislah faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya masalah tersebut! 3. Bagaimana dampak jangka panjang yang mungkin timbul jika masalah tersebut tidak segera diatasi? 4. Menurut anda, bagaimana solusi yang tepat untuk menangani masalah tersebut
Mengumpulkan Data	5. Bagaimana kesulitan yang akan dihadapi untuk menangani masalah tersebut?
Menguji Hipotesis	6. Bagaimana solusi terbaik untuk mengatasi masalah tersebut? 7. Analisislah kekuatan dan kelemahan dari solusi yang akan diberikan!
Memberikan rekomendasi pemecahan masalah	8. Jika solusi yang diusulkan mengalami kendala, bagaimana alternatif solusi untuk mengatasi masalah tersebut?

Tabel 3. Kriteria Nilai *Environmental Problem Solving Ability* Siswa

Nilai <i>Environmental Problem Solving Ability</i> Siswa	Kriteria
0-20	Sangat Rendah
21-40	Rendah
41-60	Cukup
61-80	Tinggi
81-100	Sangat Tinggi

(Ridhwan, Sumarmi, Ruja et al., 2020)

Hasil peningkatan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah lingkungan diperoleh dengan merujuk pada nilai jawaban disesuaikan dengan kriteria nilai disajikan pada Tabel 3. Data yang telah diolah selanjutnya dianalisis secara deskriptif kualitatif dengan pemaknaan secara kontekstual. Nilai siswa pada setiap siklus akan diklasifikasikan berdasarkan kriteria nilai lalu dideskripsikan. Peningkatan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa dilakukan dengan membandingkan nilai siswa pada pra siklus, akhir siklus 1 dan akhir siklus 2. Keberhasilan penelitian dapat dilihat melalui peningkatan kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa. Kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa dianggap meningkat jika nilai rata-rata setiap siklus dan nilai individu sebanyak 80% siswa mencapai kriteria tinggi. Indikator keberhasilan yang diinginkan peneliti dalam penelitian ini adalah kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa menyentuh pada kategori tinggi. Artinya, skor rata-rata yang diperoleh setiap siklus minimal mencapai 61 dan sebanyak 80% atau sekitar 24 siswa mencapai 61.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian tindakan kelas dilakukan sebanyak dua siklus pada semester genap tahun pelajaran 2022/2023. Siklus 1 dilaksanakan selama 2 minggu pada hari Jumat tanggal 17 dan 24 Maret 2023. Sedangkan, siklus 2 dilaksanakan selama 2 minggu pada hari Jumat tanggal 31 Maret dan 7 Maret 2023. Kemampuan siswa dalam menjawab 8 soal esai yang memuat indikator merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan memberikan rekomendasi pemecahan masalah menjadi tolak ukur dalam menilai kemampuan memecahkan masalah lingkungan (Ridhwan, Sumarmi, Ruja et al., 2020). Kemampuan tersebut diukur melalui tes secara berkala mulai dari awal pertemuan pada pra siklus, akhir siklus 1, dan akhir siklus 2. Tes awal yang dilakukan saat pra siklus pada hari Jumat tanggal 10 Maret 2023 menunjukkan data kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa sebagai berikut. Dari 30 Siswa X IPS 1 yang mengikuti tes awal, hanya 5 siswa yang berhasil mencapai nilai dalam kriteria tinggi. Sedangkan 25 siswa lainnya, sebanyak 1 siswa memperoleh nilai dalam kriteria sangat rendah, 6 siswa dalam kriteria rendah, dan 18 siswa dalam kriteria cukup. Artinya, hanya 16% siswa mencapai kriteria tinggi dan sangat tinggi, lalu 84% lainnya masih berada dalam kriteria sangat rendah, rendah, dan cukup. Hasil *environmental problem solving ability* siswa disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil *Environmental Problem Solving Ability* Siswa

No	Environmental Problem Solving Ability		Pra Siklus		Siklus I		Siklus II	
	Skor	Kriteria	N	%	N	%	N	%
1	0-20	Sangat Rendah	1	3%	0	0%	0	0%
2	21-40	Rendah	6	20%	1	3%	0	0%
3	41-60	Cukup	18	60%	9	30%	1	3%
4	61-80	Tinggi	4	13%	9	30%	6	20%
5	81-100	Sangat Tinggi	1	3%	11	37%	23	77%
Total			30	100%	30	100%	30	100%

Pada siklus pertama, pelaksanaan tindakan dilaksanakan selama 2 pertemuan menggunakan media Virtual Reality sebagai lingkungan virtual. Siswa diberikan materi dan permasalahan terkait lingkungan dengan topik bahasan perairan darat dan konservasi Daerah Aliran Sungai (DAS). Tes dilakukan pada akhir siklus, hari Jumat tanggal 24 Maret 2023. Tes tersebut menghasilkan nilai kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa pada Tabel 4. Pada siklus ini, nilai kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa mulai mengalami peningkatan. Siswa memperoleh nilai dengan kriteria sangat rendah, rendah dan cukup berkurang menjadi 10 siswa atau sekitar 33%. Sedangkan 20 siswa atau 67% lainnya mampu mencapai nilai dengan kriteria tinggi dan sangat tinggi. Pada siklus kedua siswa belajar terkait topik bahasan perairan laut selama 2 pertemuan. Pada siklus ini nilai kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa meningkat dari siklus pertama. Sebanyak 23 siswa atau sekitar 77% mencapai nilai dengan kriteria sangat tinggi. Sedangkan 7 siswa atau 23% lainnya memperoleh nilai dengan kriteria cukup dan tinggi. Sehingga tidak ada siswa memperoleh nilai dengan kriteria sangat rendah dan rendah. Rata-rata nilai *environmental problem solving ability* siswa per indikator disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata Nilai *Environmental Problem Solving Ability* Siswa Per Indikator

Indikator <i>Environmental Problem Solving Ability</i>	Rata-rata Nilai		
	Pra Siklus	Siklus 1	Siklus 2
Merumuskan Masalah	13,17	14,33	15
Merumuskan Hipotesis	11,67	19,33	23
Mengumpulkan Data	8,17	12,50	14,67
Menguji Hipotesis	8,83	11,67	16
Memberikan Rekomendasi Pemecahan Masalah	8,83	14,67	18,17
Rata-rata nilai per siklus	50,67	72,50	86,83

Pada Tabel 5 merupakan rerata nilai kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa per indikator. Indikator merumuskan hipotesis memiliki rata-rata nilai tertinggi berturut-turut pada siklus 1 dan 2 yaitu 19,33 dan 23. Sedangkan indikator dengan rata-rata nilai terendah yaitu mengumpulkan data

sebesar 8,17 pada pra siklus. Rata-rata nilai per siklus juga mengalami peningkatan pada siklus 1 dan siklus 2 mencapai kriteria tinggi. Peningkatan *environmental problem solving ability* siswa per indikator disajikan pada Tabel 6.

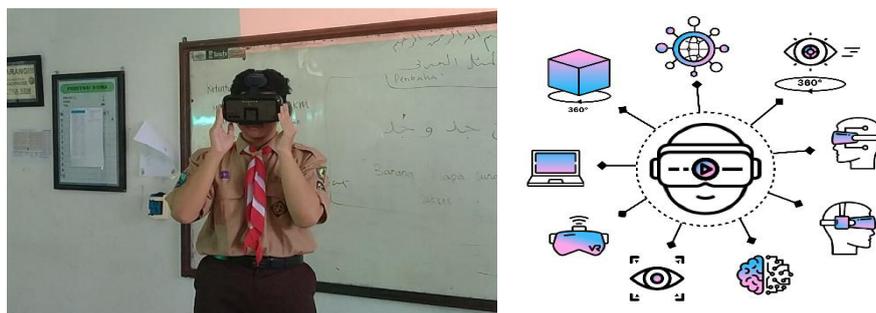
Tabel 6. Peningkatan *Environmental Problem Solving Ability* Siswa Per Indikator

Indikator <i>Environmental Problem Solving Ability</i>	Pra-Siklus ke Siklus 1	Persentase (%)	Peningkatan		Pra-Siklus sampai Siklus 2	Persentase (%)
			Siklus 1 ke Siklus 2	Persentase (%)		
Merumuskan Masalah	1,16	8%	0,67	4%	1,83	12%
Merumuskan Hipotesis	7,66	26%	3,67	12%	11,33	38%
Mengumpulkan Data	4,33	29%	2,17	14%	6,50	43%
Menguji Hipotesis	2,84	14%	4,33	22%	7,17	36%
Memberikan Rekomendasi Pemecahan Masalah	5,84	29%	3.50	18%	9,34	47%
Peningkatan per siklus	21,83	22%	14,33	14%	36,16	36%

Berdasarkan rata-rata nilai, semua indikator mengalami peningkatan dapat dilihat pada Tabel 6. Secara keseluruhan, pra siklus ke siklus 1 mengalami peningkatan yang signifikan dari pada siklus 1 ke siklus 2. Indikator dengan peningkatan yang signifikan yaitu indikator mengumpulkan data pada pra siklus ke siklus 1 dan indikator menguji hipotesis pada siklus 1 ke siklus 2. Sedangkan mulai dari pra siklus sampai siklus 2, indikator memberikan rekomendasi pemecahan masalah mengalami peningkatan signifikan sebesar 47%. Secara keseluruhan, kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa mengalami peningkatan sebesar 36% dari pra siklus sampai siklus 2.



Gambar 2. Aktivitas Belajar Siswa menggunakan Media *Virtual Reality*



Gambar 3. Media *Virtual Reality Glasses*

Pembahasan

Temuan penelitian mulai dari pra siklus hingga siklus 2, menunjukkan bahwa penerapan media *Virtual Reality* dapat membantu meningkatkan kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa. Rata-rata nilai pada Tabel 5 menunjukkan terjadinya peningkatan yang signifikan pada tahap pra siklus hingga siklus 2. Sebanyak 80% siswa mencapai nilai rerata pada kriteria tinggi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa menggunakan media *Virtual Reality* dalam pembelajaran dapat menciptakan lingkungan belajar yang menggembarakan sehingga menimbulkan rasa ingin tahu siswa terhadap permasalahan lingkungan (Musyadad et al., 2019; Sholihin et al., 2020). Peran guru dalam mengelola lingkungan belajar dan strategi pembelajaran juga mempengaruhi ketertarikan siswa untuk memecahkan

masalah lingkungan (Al-khateeb, 2018; Jumrawarsi & Suhaili, 2020). Media Virtual Reality sebagai media inovatif dan berbasis teknologi dapat memberikan pengalaman nyata sehingga menimbulkan ketertarikan siswa dalam proses pembelajaran. Antusiasme siswa meningkat dalam mengikuti pembelajaran terkait permasalahan lingkungan (Makransky et al., 2019; Meyer et al., 2019). Penggunaan media *Virtual Reality* didukung dengan desain instruksional yang tepat sehingga tujuan dan hasil belajar yang diinginkan dapat tercapai (Meyer et al., 2019; Salsabila et al., 2022). Pembelajaran instruksional tersebut mengacu pada sintak model *Geographical Inquiry* dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah lingkungan. Peningkatan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa diperoleh dari integrasi media *Virtual Reality* dengan sintak model *Geographical Inquiry* yang digunakan. Pada sintak *Ask Geographic Question*, siswa memanfaatkan media *Virtual Reality* dalam melakukan observasi virtual fenomena geosfer untuk mengidentifikasi permasalahan dan merumuskan hipotesis (Dolphin et al., 2019; Jensen & Konradsen, 2018). Dalam mengembangkan kemampuan pemecahan masalah lingkungan, kemampuan identifikasi masalah menjadi hal yang esensial (Turohmah et al., 2021). Siswa secara kolaboratif mengolah informasi yang didapat melalui media *Virtual Reality* kemudian dianalisis menjadi sebuah solusi permasalahan yang konservatif pada sintak *Explore Georaphic Data* dan *Analyze Geographic Information*. Oleh karena itu, kemampuan siswa pada indikator menguji hipotesis mengalami peningkatan yang stabil pada tiap siklusnya. Melalui pemaparan hasil diskusi di hadapan seluruh kelas pada sintak *Act on Geographic Knowledge*, menunjukkan kemampuan siswa dalam memberikan rekomendasi pemecahan masalah lingkungan (Kneale, 2019).

Implementasi media *Virtual Reality* dalam pembelajaran menggunakan kajian materi berbeda pada tiap siklusnya. Pada siklus pertama kajian air permukaan dan air tanah, siswa mengidentifikasi permasalahan sumber daya air tawar termasuk karakteristik daerah aliran sungai. Melalui penggunaan media *Virtual Reality* memungkinkan siswa mendapatkan kondisi nyata wilayah DAS Brantas serta ekosistem sekitarnya. Kompleksitas untuk mengakses teknologi tersebut dapat membantu siswa untuk mengorganisir informasi secara komprehensif (Islam et al., 2021). Sedangkan pada siklus kedua, kajian materi yang digunakan yaitu pencemaran DAS Brantas Jawa Timur dan jenis konservasinya. Siswa memecahkan permasalahan DAS dan menentukan solusi yang konservatif melalui proses elaborasi informasi kerusakan DAS menjadi rekomendasi pemecahan masalah menggunakan media *Virtual Reality* (Leksono et al., 2020; Rashidov, 2022). Kemampuan memecahkan masalah lingkungan siswa dilihat berdasarkan beberapa indikator yang mengacu pada (Ridhwan, Sumarmi, Ruja et al., 2020). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan signifikansi peningkatan terhadap indikator memberikan rekomendasi pemecahan masalah. Hal tersebut disebabkan oleh pengalaman interaktif siswa memicu pemahaman yang lebih mendalam mengenai konteks masalah sehingga dapat menentukan solusi yang lebih komprehensif (Firmansyah et al., 2021; Wu et al., 2020). Visualisasi wilayah DAS secara nyata didukung dengan fitur lengkap lainnya memungkinkan siswa untuk memberikan opsi pemecahan masalah yang variatif berdasarkan keadaan sebenarnya (Olmos et al., 2018). Implementasi media *Virtual Reality* dalam pembelajaran geografi terindikasi mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa. Dalam proses pembelajaran siswa terpacu untuk dapat menyelesaikan permasalahan lingkungan DAS yang disajikan oleh guru dengan memanfaatkan bantuan alat *Virtual Reality Glasses*. Alat tersebut membantu siswa dalam memvisualkan kondisi lingkungan seolah-olah dapat dirasakan secara langsung di tempat (Maulana, 2022; Radianti et al., 2020). *Virtual Reality Glasses* juga dilengkapi dengan *headphone* untuk memberikan efek suara asli pada kondisi lingkungan proyeksi 360 yang aman dan interaktif (Juan et al., 2018). Fitur-fitur tersebut membuat siswa dapat merasakan simulasi kondisi lingkungan dan objek secara nyata (Setyawan et al., 2023). Melalui media ini, siswa akan terbantu untuk melakukan analisis mendalam terkait permasalahan DAS karena dapat memvisualkan kondisi wilayah DAS secara maya dan disajikan dalam bentuk nyata (Pirker & Dengel, 2021). Secara keseluruhan, media *Virtual Reality* yang berfokus pada pembelajaran imersif ini mengakomodasi siswa dalam meningkatkan kemampuan memecahkan masalah lingkungan. Siswa dapat mengamati objek dan kondisi lingkungan secara langsung dengan bantuan alat-alat pada media *Virtual Reality* (Atmojo et al., 2022). Fitur tambahan audio memudahkan siswa dalam memvisualisasikan kondisi lingkungan aslinya sehingga dapat mendukung proses pembelajaran yang berfokus pada pemecahan permasalahan terkait lingkungan (Su, 2018). Temuan ini didukung dengan hasil penelitian sebelumnya menyatakan pemanfaatan media *Virtual Reality* dalam pembelajaran membantu meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah sehingga lebih baik (Araia-Alba et al., 2021). Kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa meningkat secara signifikan setelah mengikuti pembelajaran menggunakan media *Virtual Reality* (Kim et al., 2022; Salsabila et al., 2022). Pada pelaksanaannya, penggunaan media *Virtual Reality* dapat membantu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah lingkungan. Hal tersebut tidak terlepas dari implementasi yang efektif dan kualitas masalah yang diberikan. Model pembelajaran yang diterapkan juga dapat memengaruhi peningkatan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa (Anugrah et al., 2020; Sun et al., 2018).

Model pembelajaran yang dapat melatih kemampuan berpikir kritis siswa akan cocok digunakan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah lingkungan (Nahriyah & Rachmadiarti, 2023). Sehingga perlu adanya integrasi yang cocok antara model dan media pembelajaran yang digunakan.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan temuan media *Virtual Reality* dapat membantu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa. Melalui interaksi edukatif siswa lebih antusias dan kritis dalam proses pembelajaran sehingga secara bertahap kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa meningkat dan berprogres daripada sebelumnya. Dengan demikian, guru dapat memaksimalkan pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran geografi untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah lingkungan siswa agar tercipta outcome lulusan mata pelajaran geografi yang berkualitas dan adaptif dalam menghadapi tantangan lingkungan masa mendatang. Penelitian ini dilaksanakan hanya pada satu kelas dengan subjek siswa SMA dan tidak melihat dari perspektif gender. Sehingga hal tersebut dapat dikembangkan lebih lanjut oleh peneliti selanjutnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Al-khateeb, M. A. (2018). The Effect of Teaching Mathematical Problems Solving Through Using Mobile Learning on the Seventh Grade Students' Ability to Solve them in Jordan. *International Association of Online Engineering*, 12(3), 178–191. <https://www.learntechlib.org/p/209792/>.
- Albus, P., Vogt, A., & Seufert, T. (2021). Signaling in virtual reality influences learning outcomes and cognitive load. *Computers and Education*, 166, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104154>.
- Amin, S., Utaya, S., Bachri, S., Sumarmi, & Susilo, S. (2020). Effect of problem-based learning on critical thinking skills and environmental attitude. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(2), 743–755. <https://doi.org/10.17478/jegys.650344>.
- Anugrah, D., Sofyan, D. A., & Murwitaningsih, S. (2020). Model Pembelajaran Kreatif Treffinger terhadap Kemampuan Memecahkan Masalah pada Materi Ekosistem dan Perubahan Lingkungan. *JPBIO: Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(1), 73–79. <https://doi.org/10.31932/jpbio.v5i1.601>.
- Araia-Alba, P., Keane, T., Chen, W. S., & Kaufman, J. (2021). Immersive Virtual Reality as a Tool to Learn Problem-Solving Skills. *Computers & Education*, 164, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104121>.
- Atmojo, W. T., Suroso, P., & Rahmah, S. (2022). Pembelajaran Seni Budaya Dengan Menggunakan Media Virtual Reality (Vr) Pada Tingkat Satuan Sma Berbasis Local Wisdom Sumatera Utara. *Gondang: Jurnal Seni Dan Budaya*, 6(1), 182. <https://doi.org/10.24114/gondang.v6i1.35852>.
- Bagus, I., & Astawa, M. (2022). Peningkatan Spatial Thinking Pembelajaran Geografi melalui Berpendekatan Kontekstual Skills Siswa dalam Metode Demonstrasi. *Journal of Education Action Research*, 6(2), 242–251. <https://doi.org/10.23887/jear.v6i2.45526>.
- Boca, G. D., & Saraçlı, S. (2019). Environmental Education and Student's Perception, for Sustainability. *Sustainability*, 11(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su11061553>.
- Chawla, L. (2020). Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. *People and Nature*, 2(3), 619–642. <https://doi.org/10.1002/pan3.10128>.
- Debrah, J. K., Vidal, D. G., & Dinis, M. A. P. (2021). Raising Awareness on Solid Waste Management through Formal Education for Sustainability: A Developing Countries. *Recycling*, 6(1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/recycling6010006>.
- Dewi, K., Sumarmi, S., & Putra, A. K. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis STEM dengan Pendekatan Eco-Spatial Behavior Materi Kependudukan. *J-PIPS (Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial)*, 7(2), 93–103. <https://doi.org/10.18860/jpips.v7i2.11960>.
- Dolphin, G., Dutchak, A., Karchewski, B., & Cooper, J. (2019). Virtual Field Experiences in Introductory Geology: Addressing a Capacity Problem, but Finding a Pedagogical One. *Journal of Geoscience Education*, 67(2), 114–130. <https://doi.org/10.1080/10899995.2018.1547034>.
- Firmansyah, R. I., Aditya, A., & Kartikasari, M. (2021). Game Edukasi Sistem Tata Surya Bagi Siswa Sekolah Dasar Berbasis Virtual Reality. *Jurnal Simantec*, 9(2), 39–44. <https://doi.org/10.21107/simantec.v9i2.9912>.
- Guo, F., Lane, J., Duan, Y., Stoltman, J. P., & Khlebosolova, O. (2018). Sustainable Development in Geography Education for Middle School in China. *Sustainability*, 10(11), 1–27. <https://doi.org/10.3390/su10113896>.

- Gusnia, N. E. (2022). Pengembangan Media Kanoraya dalam Pembelajaran Subtema Keberagaman Budaya Bangsaku Kelas 4 SDN Karangtengah 4 Ngawi. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 10(4), 843–854.
- Hasnah, N. (2023). Pengembangan Keterampilan Abad Ke-21 Dalam Pembelajaran Geografi. *Nanggroe: Jurnal Pengabdian Cendekia*, 2(3), 177–183. <https://doi.org/10.36418/japendi.v2i4.150>.
- Herz, M., & Rauschnabel, P. A. (2019). Understanding the diffusion of virtual reality glasses : The role of media, fashion and technology. *Technological Forecasting & Social Change*, 138, 228–242. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.09.008>.
- Hindiyati, K., Wirahayu, Y. A., Astina, I. K., & Soekanto, H. (2022). Pengaruh model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) berbantuan media animasi terhadap kemampuan memecahkan masalah Geografi siswa. *Jurnal Integrasi Dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial (JIHI3S)*, 2(12), 1249–1259. <https://doi.org/10.17977/um063v2i12p1249-1259>.
- Huang, X., Zou, D., Cheng, G., & Xie, H. (2021). A Systematic Review of AR and VR Enhanced Language Learning. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su13094639>.
- Immaniar, B. D., Sumarmi, S., & Astina, I. K. (2019). Pembelajaran Lingkungan Berbasis Kearifan Lokal dengan Model Experiential Learning. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 4(5), 648. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v4i5.12431>.
- Indriana, A., Yusuf, M., Maru, R., & Saputro, A. (2021). Efektivitas Discovery Learning pada Pembelajaran Geografi untuk mengurangi Miskonsepsi Peserta Didik. *LaGeografia*, 19(3), 284–301. <https://doi.org/10.35580/lageografia.v19i3.14718>.
- Islam, M. N., Sumarmi, S., Putra, A. K., Sugiyati, P., & Salsabilah, S. (2021). The Effect of Interactive Blended-Problem Based Learning Assisted Virtual Classroom on Critical Thinking Skills of Students of The Society Era 5.0. *Jurnal Geografi Gea*, 21(2), 135–146. <https://doi.org/10.17509/gea.v21i2.38862>.
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>.
- Juan, M. C., García-García, I., Mollá, R., & López, R. (2018). Users' perceptions using low-end and high-end mobile-rendered HMDs: A comparative study. *Computers*, 7(15), 1–17. <https://doi.org/10.3390/computers7010015>.
- Jumrawarsi, & Suhaili, N. (2020). Peran Seorang Guru dalam Menciptakan Lingkungan Belajar yang Kondusif. *Ensiklopedia Education Review*, 2(3), 50–54. <https://doi.org/10.33559/eer.v2i3.628>.
- Kamil, P. A., Utaya, S., & Utomo, D. H. (2019). Improving disaster knowledge within high school students through geographic literacy. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 43, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101411>.
- Khairunnisa, K., Saadi, P., & Leny, L. (2022). Implementasi Model Problem Based Learning Berbasis Stem Dengan Media Virtual Reality Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Self Regulation Peserta Didik. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 13(1), 96. <https://doi.org/10.20527/quantum.v13i1.12109>.
- Kim, H., So, H., & Park, J. (2022). Examining the Effect of Socially Engaged Art Education with Virtual Reality on Creative Problem Solving. *Journal of Educational Technology & Society*, 25(2), 117–129. <https://www.jstor.org/stable/48660128>.
- Kneale, P. E. (2019). Study Skills for Geography Earth and Environmental Science Students. In *Routledge*. <https://doi.org/10.4324/9780203772928>.
- Kusumaningrum, D. (2020). Pengembangan Environmental Literacy Instrument Ranah Kognitif Untuk Siswa Sekolah Dasar di Kabupaten Malang. *JPDI (Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia)*, 5(2), 45–51. <https://doi.org/10.26737/jpdi.v5i2.2204>.
- Leksono, S. M., Dini, S. N., & Ekanara, B. (2020). Pengaruh Pembelajaran Proyek Mini Riset Terhadap Kemampuan Menganalisis Permasalahan Konservasi Lingkungan. *Biodidaktika: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 15(1), 70–77. <https://doi.org/10.30870/biodidaktika.v15i1.8203>.
- Lian, B., & Amiruddin. (2021). Manajemen Pembelajaran Inovatif Di Era Disruptif. *Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Universitas Pgrri Palembang*, 1–6. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/Prosidingpps/index>.
- Lubis, A. N., & Dewi, I. (2023). Penerapan Problem-Based Learning Berbantuan Edmodo untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa Kelas XI di SMA Negeri 11 Medan T.A. 2022/2023. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 562–579. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i1.2067>.
- Makransky, G., Borre-Gude, S., & Mayer, R. E. (2019). Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(6), 691–707. <https://doi.org/10.1111/jcal.12375>.

- Maulana, I. (2022). Virtual Reality Tour Menggunakan Metode Gambar Panorama Sebagai Media Pengenalan Lingkungan Sekolah Smk Khiara Ummah. *Media Aplikom*, 14(2), 84–99. <https://doi.org/10.33488/1.ma.2.2.347>.
- Meyer, O. A., Omdahl, M. K., & Makransky, G. (2019). Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment. *Computers and Education*, 140, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103603>.
- Musyadad, V. F., Supriatna, A., & Parsa, S. M. (2019). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pelajaran IPA pada Konsep Perubahan Lingkungan Fisik dan Pengaruhnya terhadap Daratan. *Jurnal Tahsinia*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.57171/jt.v1i1.13>.
- Nahriyah, A. S., & Rachmadiarti, F. (2023). Pengembangan E-Book Berbasis Problem Based Learning pada Materi Perubahan Lingkungan untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas SMA. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 12(2), 321–342. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v12n2.p321-342>.
- Nurjannah, H., Saputro, A., Maddatuang, M., & Fikri, M. J. N. (2020). Penerapan Model Pembelajaran Treffinger Pada Pembelajaran Geografi. *LaGeografia*, 19(1), 113–127. <https://doi.org/10.35580/lageografia.v19i1.13608>.
- Olmos, E., Cavalcanti, J. F., Soler, J.-L., Contero, M., & Alcañiz, M. (2018). Mobile Virtual Reality: A Promising Technology to Change the Way We Learn and Teach. *Mobile and Ubiquitous Learning: An International Handbook*, 95–106. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6144-8_6.
- Pirker, J., & Dengel, A. (2021). The Potential of 360-Degree Virtual Reality Videos and Real VR for Education - A Literature Review. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 41(4), 76–89. <https://doi.org/10.1109/MCG.2021.3067999>.
- Prastiwi, L., Sigit, D. V., & Ristanto, R. H. (2019). Relationship Between Academic Ability and Environmental Problem-Solving Skill: A Case Study at Adiwiyata Schools in Tangerang City, Indonesia Relationship Between Academic Ability and Environmental Problem-Solving Skill. *Universitpark Bülten*, 8(1), 76–86. <https://doi.org/10.22521/unibulletin.2019.81.6>.
- Primayana, K. H., Lasmawan, W. I., & Adnyana, P. B. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Kontekstual Berbasis Lingkungan Terhadap Hasil Belajar IPA Ditinjau Dari Minat Outdoor Pada Siswa Kelas IV. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 9(2), 72–79. http://ejournal-pasca.undiksha.ac.id/index.php/jurnal_ipa/index.
- Putra, A. K., Purwanto, Islam, M. N., Hidayat, W. N., & Fahmi, M. R. (2022). Development of Mobile Virtual Field Trips in Ijen Crater Geosites Based on 3600 Auto Stereoscopic and Geospatial Technology As Geography Learning Media. *Geojournal of Tourism and Geosites*, 41(2), 456–463. <https://doi.org/10.30892/GTG.41216-850>.
- Putra, D. A., Utama, S. P., & Mersyah, R. (2019). Pengelolaan Sumberdaya Alam Berbasis Masyarakat dalam Upaya Konservasi Daerah Aliran Sungai Lubuk Langkap Desa Suka maju Kecamatan Air Nipis Kabupaten Bengkulu Selatan. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 77–86. <https://doi.org/10.31186/naturalis.8.2.9211>.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers and Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
- Ramadhan, S., Sukma, E., & Indriyani, V. (2019). Environmental education and disaster mitigation through language learning Environmental education and disaster mitigation through language learning. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 314(1), 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/314/1/012054>.
- Rashidov, A. S. (2022). Using of Problem Educational Technologies in the Development of Students' Creative and Logical Thinking Skills. *Berlin Studies Transnational Journal of Science and Humanities*, 2(1), 262–274. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6431171>.
- Ridhwan, Sumarmi, Ruja, I. N., Utomo, D. H., & Sari, R. M. (2020). Measuring students environmental problem solving ability across gender and school differences using paper based testing. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(13), 303–320. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i13.11709>.
- Rizal, A., Yusup, D., & Voutama, A. (2020). Evaluasi Faktor Manfaat Sistem Lingkungan Pembelajaran 3 Dimensi Berbasis Multi-User Virtual Reality (MuVR). *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 7(5), 895–904. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020752215>.
- Rosa, C. D., & Collado, S. (2019). Experiences in Nature and Environmental Attitudes and Behaviors: Setting the Ground for Future Research. *Frontiers in Psychology*, 10, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00763>.

- Sabila, B. A., Priyambodo, D., & Azzalea, G. D. (2023). Implementasi Kebijakan Pemerintah Dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terhadap Aktivitas Alih Fungsi Lahan. *Jurnal Reformasi Hukum*, 27(1), 370. <https://doi.org/10.46257/jrh.v27i1.497>.
- Salsabila, T. I., Putra, A. K., & Matos, T. (2022). Mobile Virtual Field Trip and Geography Education: Potential Exploration of Complex Problem Solving and Spatial Intelligence Capabilities. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(24), 21–31. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i24.36157>.
- Setyawan, M. D., Hakim, L. El, & Aziz, T. A. (2023). Kajian Peran Virtual Reality (VR) untuk Membangun Kemampuan Dialogis Siswa dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 4(2), 122–131. <https://doi.org/10.59141/japendi.v4i02.1592>.
- Sholihin, M., Sari, R. C., Yuniarti, N., & Ilyana, S. (2020). A new way of teaching business ethics: The evaluation of virtual reality-based learning media. *International Journal of Management Education*, 18(3), 100428. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2020.100428>.
- Siregar, Z., & Marpaung, T. B. (2020). Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) Dalam Pembelajaran di Sekolah. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 3(1), 61–69. <https://doi.org/10.30743/best.v3i1.2437>.
- Su, C. H. (2018). Exploring sustainability environment educational design and learning effect evaluation through migration theory: An example of environment educational serious games. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10), 3363. <https://doi.org/10.3390/su10103363>.
- Suhartono, S., Mutiani, M., Rahman, A. M., Putra, M. A. H., & Murniasih, C. (2023). Peningkatan Kecerdasan Ekologis Siswa SD melalui Komik Edukasi Berbasis Kearifan Lokal sebagai Sumber Belajar (Studi Etnosains Masyarakat Banjar dan Baduy). *Journal on Education*, 5(3), 10441–10455. <https://www.jonedu.org/index.php/joe/article/view/1946>
- Sun, Z., Xie, K., & Anderman, L. H. (2018). The role of self-regulated learning in students' success in flipped undergraduate math courses. *Internet and Higher Education*, 36, 41–53. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2017.09.003>.
- Syafril, R. S., Redo Hervando, A., & Jovan, A. (2020). Penerapan Sederhana Virtual Reality dalam Presentasi Arsitektur. *Jurnal Arsitektur NALARS*, 19(1), 29–40. <https://doi.org/10.24853/nalars.19.1.29-40>.
- Taub, M., Sawyer, R., Smith, A., Rowe, J., Azevedo, R., & Lester, J. (2020). Computers & Education The agency effect: The impact of student agency on learning , emotions , and problem-solving behaviors in a game-based learning environment. *Computers & Education*, 147, 1037881. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103781>.
- Thuan, H., Saurik, T., Purwanto, D. D., & Hadikusuma, J. I. (2019). *Virtual Reality Technology for Campus Media Information*. 6(1), 71–76. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201961238>.
- Tompodung, T. C. G., Rushayati, S. B., & Aidi, M. N. (2018). Efektivitas Program Adiwiyata Terhadap Perilaku Ramah Lingkungan Warga Sekolah Di Kota Depok. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(2), 170–177. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.2.170-177>.
- Turohmah, F. D. A., Putra, A. K., & Suharto, Y. (2021). Improving Critical Thinking Ability: Earthcomm Learning For Watershed Conservation Materials. *IJIS Edu : Indonesian Journal of Integrated Science Education*, 3(2), 99. <https://doi.org/10.29300/ijisedu.v3i2.4336>.
- Wahab, A., Sari, A. R., Zuana, M. M. M., Luturmas, Y., & Kuncoro, B. (2022). Penguatan Pendidikan Karakter Melalui Literasi Digital Sebagai Strategi Dalam Menuju Pembelajaran Imersif Era 4.0. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(5), 4644–4653. <https://doi.org/10.31004/jpdk.v4i5.7373>.
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991–2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>.