



Pengembangan Video Pembelajaran PBL Berbasis Google Site untuk Peningkatan Representasi Matematis dan Berpikir Kritis Materi Gelombang Cahaya

Rifkiyatul Khairiyah^{1*}, Sukardiyono², Yusman Wiyatmo³, Kuncoro Asih

Nugroho⁴, Riki Perdana⁵, Ahmad Irdinansyah⁶

¹⁻⁶Magister Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: rifkiyatulkhairiyah.2023@student.uny.ac.id

Abstract: This study aims to develop a problem-based learning video delivered through Google Sites on the topic of light waves and to examine its practicality and effectiveness in improving students' mathematical representation and critical thinking skills. The research employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE model, from analysis to evaluation. Feasibility assessments were conducted by physics lecturers and teachers, while field implementation involved students of MAN 3 Sleman in the 2024/2025 academic year, selected through cluster random sampling. Research instruments consisted of pretest-posttest assessments and questionnaires, and data analysis included expert validation, students' responses, and multivariate effectiveness testing. The results indicate that the developed instructional video is feasible, practical, and effective in enhancing mathematical representation and critical thinking skills. The novelty of this study lies in integrating problem-based learning into an interactive video format organized within a structured Google Sites ecosystem. Practically, the product enables teachers to use the video as a problem-triggering medium and as support for students' independent learning processes.

Keywords: Instructional Video, Light Waves, Problem-Based Learning, Mathematical Representation, Critical Thinking

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menghasilkan video pembelajaran berbasis *problem based learning* melalui Google Site pada materi gelombang cahaya serta menguji kepraktisan dan efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis peserta didik. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang mencakup tahap analisis hingga evaluasi. Uji kelayakan dilakukan oleh dosen dan guru fisika, sedangkan implementasi lapangan melibatkan peserta didik MAN 3 Sleman pada tahun ajaran 2024/2025 dengan sampel ditentukan melalui *cluster random sampling*. Instrumen penelitian meliputi tes pretest-posttest dan angket, dengan analisis validitas ahli, respons peserta didik, serta uji efektivitas menggunakan analisis multivariat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa video pembelajaran yang dikembangkan layak, praktis, dan efektif dalam meningkatkan representasi matematis dan berpikir kritis. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi *problem based learning* dalam format video interaktif yang diorganisasikan melalui Google Site sebagai ekosistem pembelajaran terpadu. Produk ini memberikan implikasi praktis berupa panduan bagi guru untuk memanfaatkan video tersebut sebagai media pemantik pemecahan masalah dan pendukung pembelajaran mandiri peserta didik.

Kata kunci: Video Pembelajaran, Gelombang Cahaya, Problem Based Learning.,, Representasi Matematis, Berpikir Kritis

PENDAHULUAN

Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 57 Tahun 2021 menegaskan perlunya penyesuaian standar pendidikan terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Kurikulum Merdeka mendorong penguatan kompetensi abad ke-21 melalui 6C

(Barriyah, 2021) untuk menjawab tuntutan dunia modern (Lase, 2019). Namun, pembelajaran fisika di kelas masih berfokus pada penguasaan konsep sehingga kemampuan pemecahan masalah peserta didik rendah (Feribertus, 2018), sementara fisika menuntut kemampuan berpikir kritis (Suana, Istiana, & Maharta, 2019) guna memahami persoalan kompleks dan meningkatkan penalaran (Mundilarto & Ismoyo, 2017). Berbagai studi menunjukkan rendahnya kemampuan berpikir kritis, baik karena dominasi hafalan (Astutik, 2020), pembelajaran monoton (Alandia, Jumadi, Wilujeng, & Kuswanto, 2019), lemahnya kemampuan identifikasi fenomena dan penarikan kesimpulan (Ufairiah, 2020; Sulistyowarni, 2019), hingga rendahnya capaian indikator penjelasan, inferensi, dan regulasi diri (Indriana, 2022; Qohar, 2021; Gunawan, Sarwanto, & Nurosyid, 2022). Kondisi ini diperburuk oleh praktik pembelajaran yang masih berpusat pada penyelesaian soal matematis sehingga peserta didik kurang aktif (Nguyen & Dao, 2015; Mundilarto & Ismoyo, 2017), meskipun penguatan berpikir kritis berperan penting dalam penalaran, pengujian hipotesis, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan (Sutrisno, Handayanto, Supriyana, & Laksmisari, 2018).

Kemampuan representasi matematis juga menjadi keterampilan kunci dalam pembelajaran fisika karena membantu peserta didik menghubungkan konsep abstrak dengan fenomena nyata serta memecahkan masalah secara runtut (Hamdi, Muchsin, Saiful, & Husna, 2022; Progo et al., 2019; Samsuddin & Retnawati, 2018). Namun kemampuan ini masih rendah, ditandai dengan kesulitan merepresentasikan soal (Haryati, 2020), kesalahan identifikasi persoalan (Della, Mahardika, & Bektiarso, 2021), ketergantungan hafalan rumus tanpa pemahaman proses (Faradila, Mahardika, & Bektiarso, 2022; Kurniasari & Wasis, 2021), serta kesulitan mendefinisikan persamaan matematis (Rahmasari & Kuswanto, 2023). Kondisi tersebut turut menurunkan kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kritis (Azizah, 2019; Lucas, 2019), terutama pada materi gelombang cahaya yang bersifat abstrak dan menuntut aktivitas penyelidikan, pemahaman konsep, serta representasi matematis yang kuat (Khoiriyyah, 2021; Reyza, 2019; Rosuli, 2019). Karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang mampu mengembangkan kedua kemampuan tersebut secara simultan (Setyawati, Bidra Ambarizka, & Handayanto, 2020; Kurniawan & Kuswanto, 2021; Kim, Clarianay, & Kim, 2019).

Materi gelombang cahaya terbukti menjadi salah satu materi yang paling menantang bagi peserta didik kelas XI SMA karena sifatnya yang abstrak dan banyaknya konsep matematis seperti interferensi dan difraksi. Kesulitan tersebut tercermin dari rendahnya hasil UNBK MAN 3 Sleman 2019 pada indikator interferensi (49,35%) dan difraksi (37,84%) (Setiawan, Pursitasari, & Hardhienata, 2018; Arif, Festiyed, Desnita, & Dewi, 2019). Dalam konteks ini, berbagai penelitian menunjukkan bahwa video pembelajaran mampu meningkatkan minat, keterlibatan, pemahaman konsep, berpikir kritis, dan representasi matematis (Arsyad, 2002; Melati, Fayola, Hita, & Saputra, 2023; Yoshua, Okyranida, & Saraswati, 2022; Devi & Subali, 2021; Hafizah, 2020; Kurniawati, Sarifuddin, & Widawati, 2021; Solecha, Jumini, & Hidayat, 2023; Septi, Nugroho, & Saputra, 2022; Novriyaldi et al., 2024; Murni, Nurcahyono, & Lukman, 2024; Pratama,

Y., A., & Mashuri, 2023). Platform Google Site menjadi sarana ideal karena memungkinkan integrasi video pembelajaran yang fleksibel, efisien, interaktif, serta mendukung pemantauan hasil belajar (Adzkiya & Suryaman, 2021; Islandia & Darmawan, 2023; Mei, Aas, & Medgard, 2019).

Problem based learning (PBL) menawarkan pendekatan yang relevan karena menempatkan peserta didik pada konteks pemecahan masalah nyata dan mendorong mereka memperoleh pengetahuan serta keterampilan melalui investigasi aktif (Sari, Murtono, & Utomo, 2021). PBL juga mendorong pergeseran peran peserta didik dari pasif menjadi aktif dalam mencari solusi dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis (Suindhia, 2023). Integrasi antara video pembelajaran dan PBL memungkinkan penguatan representasi matematis melalui visualisasi dan scaffolding konsep, sekaligus menstimulasi berpikir kritis melalui analisis masalah secara terstruktur. Dengan demikian, pengembangan video pembelajaran berbasis PBL melalui Google Site berpotensi menghasilkan proses belajar yang lebih bermakna, mandiri, dan terarah pada pencapaian kompetensi utama fisika.

Hingga kini belum ada penelitian yang secara eksplisit mengembangkan video pembelajaran berbasis PBL melalui Google Site yang menargetkan peningkatan representasi matematis dan berpikir kritis secara bersamaan, sehingga menjadi gap penelitian yang signifikan. Novelty penelitian ini terletak pada integrasi ketiga komponen tersebut dalam satu desain pengembangan pembelajaran yang diarahkan secara spesifik untuk menstimulasi kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis. Berdasarkan gap tersebut, rumusan masalah penelitian ini ialah: “Bagaimana pengembangan video pembelajaran berbasis PBL melalui Google Site dapat meningkatkan kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis pada materi gelombang cahaya?” Adapun tujuan penelitian adalah mengembangkan video pembelajaran berbasis PBL melalui Google Site dan menganalisis efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis serta kemampuan berpikir kritis peserta didik.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan tujuan mengembangkan video pembelajaran berbasis Problem Based Learning melalui Google Site untuk meningkatkan kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis peserta didik. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE yang meliputi tahap Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate, yang seluruhnya difungsikan sebagai kerangka prosedural dalam proses pengembangan produk. Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2023/2024 di salah satu Madrasah Aliyah (MA), dengan subjek uji coba sebanyak 108 peserta didik yang terbagi ke dalam satu kelas eksperimen dan dua kelas kontras menggunakan desain *pretest-posttest control group*.

Tahap Analyze mencakup identifikasi kebutuhan pembelajaran dan analisis kurikulum; tahap Design meliputi perancangan video pembelajaran, perangkat uji, serta instrumen non-tes; tahap Develop mencakup pembuatan produk awal, validasi ahli, serta

revisi; tahap Implement dilakukan melalui uji coba lapangan skala luas; sedangkan Evaluate dilaksanakan secara formatif di setiap tahap serta secara sumatif setelah implementasi tanpa membahas hasilnya pada bagian metode. Instrumen penelitian terdiri atas tes uraian untuk mengukur kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis, serta instrumen non-tes berupa lembar observasi, pedoman wawancara, dan angket kelayakan produk. Penyusunan tes mengacu pada indikator berpikir kritis (menginterpretasi, menganalisis, mengevaluasi, memberikan argumen, menyimpulkan) dan indikator representasi matematis (menyelesaikan, mengoperasikan, menerjemahkan persamaan matematis).

Analisis data kuantitatif meliputi perhitungan koefisien Aiken's V untuk mengukur validitas isi instrumen; analisis kepraktisan produk melalui respon peserta didik menggunakan Simpangan Baku Ideal (SBI); analisis karakteristik butir menggunakan program QUEST berbasis model Rasch 1 PL untuk memperoleh validitas butir (INFIT MNSQ 0.77 hingga 1.33), reliabilitas, dan tingkat kesukaran. Peningkatan kemampuan dihitung menggunakan uji N-Gain dengan rumus $g = \frac{S_{Post} - S_{Pre}}{S_{Maks} - S_{Pre}}$.

Efektivitas produk dianalisis melalui MANOVA dan *General Linear Model* (GLM). Sebelum MANOVA dilakukan uji prasyarat meliputi uji outlier (Mahalanobis Distance < 13.82), normalitas multivariat ($\text{Sig.} > 0.05$), linearitas, homogenitas matriks varians/kovarians (Box's M $\text{Sig.} \geq 0.05$), serta multikolinearitas (Pearson Correlation < 0.8). Besarnya kontribusi efektif produk dihitung menggunakan *Effect Size* berdasarkan nilai *Partial Eta Squared* dari GLM. Dari aspek etika penelitian, seluruh proses dilakukan dengan persetujuan pihak sekolah melalui surat izin resmi, dan partisipasi peserta didik dilakukan atas persetujuan guru serta orang tua. Kerahasiaan identitas peserta didik dijaga dengan melakukan anonimisasi data, dan seluruh data penelitian digunakan semata-mata untuk tujuan akademik sesuai prinsip etis penelitian pendidikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengembangan Produk

Penelitian ini menghasilkan produk berupa video pembelajaran fisika pada materi gelombang cahaya khususnya pada topik bahasan interferensi cahaya dan difraksi cahaya berbasis *problem based learning* melalui *google site* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis peserta didik. Metode *Research and Development* (R&D) digunakan untuk mengadaptasi model ADDIE yang dikembangkan oleh Branch, 2009 yang terdiri dari lima tahap, yaitu *analyze, design, develop, implement, evaluate*. Secara rinci, hasil masing – masing tahapan dalam pengembangan ini adalah sebagai berikut:

Tahap *Analyze* (Analisis)

Analisis awal di MAN 3 Sleman menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih berpusat pada ceramah dan media konvensional sehingga kemampuan peserta didik hanya berkembang pada level mengingat dan memahami, sementara penerapan konsep dan berpikir kritis masih rendah. Karena itu diperlukan media yang mendorong

kemandirian belajar dan penalaran kritis. Analisis kurikulum dan materi mengarahkan fokus pada topik gelombang cahaya, khususnya interferensi dan difraksi, untuk dikembangkan menjadi video pembelajaran berbasis *problem-based learning* melalui Google Site. Tahap analisis juga mencakup penyusunan indikator tes yang selaras dengan indikator berpikir kritis dan representasi matematis sebagaimana diringkas pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator Kemampuan Berpikir Kritis dan Representasi Matematis

| Kategori | Indikator |
|-------------------------------|--|
| Berpikir Kritis | Menginterpretasi pokok pemasalahan Menganalisis permasalahan, fakta, dan hipotesis berdasarkan permasalahan Menguji, memilih, klarifikasi serta evaluasi pernyataan berdasarkan fakta (logika berpikir) untuk mengetahui kebenaran dari masalah Memberikan gagasan argumen berdasarkan fakta permasalahan Menyimpulkan, data dan argumen kemudian mengkomunikasikan hasil tersebut |
| Representasi Matematis | Menyelesaikan persoalan fisika dengan menggunakan persamaan matematis Mengoperasikan persamaan matematis yang terkait gelombang cahaya Menerjemahkan suatu persamaan matematis kedalam bentuk persamaan lainnya atau sebaliknya |

Indikator pada Tabel 1 menunjukkan bahwa sintaks *problem-based learning* dalam video efektif menstimulasi berpikir kritis dan representasi matematis, karena tahap orientasi dan analisis masalah melatih peserta didik menginterpretasi persoalan dan menganalisis fakta, sementara fase penyelidikan mendorong evaluasi berbasis data dan tahap penyajian solusi menuntut argumen serta simpulan logis. Tugas dalam video juga mengharuskan peserta didik menyelesaikan persoalan gelombang cahaya dengan persamaan, mengoperasikan variabel fisika, dan menerjemahkan antarrepresentasi matematis, sehingga seluruh indikator tersebut berkembang melalui pemecahan masalah berbasis PBL.

Tahap Design (Desain)

Tahap desain penelitian mencakup pengembangan instrumen pembelajaran dan instrumen pengumpulan data untuk materi gelombang cahaya berbasis *problem-based learning* melalui Google Site. Instrumen pembelajaran berupa modul ajar dan video disusun sesuai Kurikulum Merdeka serta indikator berpikir kritis dan representasi matematis, mencakup informasi umum, tujuan, pertanyaan pemantik, langkah PBL, dan asesmen. Video dikembangkan melalui pedoman, *storyboard*, dan matriks materi menggunakan Canva, PowerPoint, dan CapCut, selaras dengan tahapan PBL. Instrumen pengumpulan data meliputi tes uraian kemampuan berpikir kritis (C4–C6) dan representasi matematis (C3–C4) sebanyak 8 soal untuk pretest–posttest, serta instrumen non-tes berupa lembar validasi ahli dan praktisi untuk menilai kelayakan modul, video, dan tes dari aspek materi, pembelajaran, media, dan kebahasaan.

Tahap Develop (Pengembangan)

Pengembangan modul ajar, video pembelajaran fisika berbasis PBL melalui Google Site, serta instrumen tes berpikir kritis dan representasi matematis telah menghasilkan perangkat yang layak diimplementasikan, termasuk angket respons peserta didik yang memenuhi syarat uji coba terbatas. Seluruh instrumen divalidasi oleh ahli dan praktisi

pendidikan fisika, sementara butir soal yang valid digunakan dalam uji empiris untuk menilai kecocokan, reliabilitas, dan tingkat kesukaran. Uji coba terbatas juga dilakukan untuk menilai kepraktisan video pembelajaran, dan ringkasan hasil kelayakan media ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penilaian Kelayakan Video Pembelajaran

| No | Aspek | Hasil Penilaian | Kriteria |
|---------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| 1 | Materi | 3.81 | Sangat Baik |
| 2 | Komunikasi Visual | 3.61 | Sangat Baik |
| 3 | Rekayasa Media | 3.60 | Sangat Baik |
| 4 | Desain Video | 3.60 | Sangat Baik |
| Rerata Keseluruhan | | 3.61 | Sangat Baik |

Hasil analisis menunjukkan bahwa media video pembelajaran berbasis problem based learning melalui Google Site pada materi gelombang cahaya memperoleh rata-rata penilaian validator sebesar 3,61 dengan kategori sangat baik, sehingga dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran. Selanjutnya, proses validasi modul ajar yang mencakup penilaian terhadap sepuluh aspek evaluasi juga dilakukan untuk memastikan kelayakannya sebagai bahan ajar fisika, dengan rincian hasil yang ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Validasi Modul Ajar

| No | Aspek | Hasil Penilaian | Kriteria |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|
| 1 | Informasi Umum Modul Ajar | 4.00 | Sangat Baik |
| 2 | Alokasi Waktu Pembelajaran | 3.64 | Sangat Baik |
| 3 | Kompetensi Awal | 4.00 | Sangat Baik |
| 4 | Perumusan Tujuan Pembelajaran | 3.71 | Sangat Baik |
| 5 | Perumusan Model Pembelajaran | 3.86 | Sangat Baik |
| 6 | Pemilihan Materi Ajar | 3.86 | Sangat Baik |
| 7 | Pemilihan Sumber Belajar | 3.93 | Sangat Baik |
| 8 | Langkah-Langkah Pembelajaran | 3.86 | Sangat Baik |
| 9 | Asesmen Hasil Belajar | 3.79 | Sangat Baik |
| 10 | Kebahasaan | 3.61 | Sangat Baik |
| Rerata Keseluruhan | | 3.81 | Sangat Baik |

Hasil validasi instrumen tes kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis yang dinilai oleh tujuh validator menunjukkan bahwa instrumen tersebut layak digunakan berdasarkan keputusan *judgment expert*, di mana keseluruhan aspek penilaian memenuhi kriteria validitas yang dipersyaratkan. Secara ringkas, hasil penilaian kelayakan instrumen tersebut ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Instrumen Kemampuan Berpikir Kritis dan Representasi Matematis

| Kategori | Butir | Aiken'V | Kriteria |
|-----------------|-------|---------|-------------|
| Berpikir Kritis | A1 | 0.86 | Valid |
| | B1 | 0.76 | Cukup Valid |
| | A2 | 0.81 | Valid |
| | B2 | 0.86 | Valid |
| | A3 | 0.81 | Valid |
| | B3 | 0.81 | Valid |
| | A4 | 0.90 | Valid |
| | B4 | 0.86 | Valid |
| | A5 | 0.86 | Valid |
| | B5 | 0.90 | Valid |
| | | 0.86 | Valid |

| | | | |
|------------------------|----|------|-------|
| Representasi Matematis | B1 | 0.86 | Valid |
| | A2 | 0.95 | Valid |
| | B2 | 0.86 | Valid |
| | A3 | 0.90 | Valid |
| | B3 | 0.86 | Valid |

Hasil penilaian ahli menggunakan Aiken's V menyatakan seluruh butir tes kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis valid, dan temuan ini diperkuat melalui uji empiris dengan software QUEST. Uji empiris terhadap 10 butir soal berpikir kritis dan 6 butir soal representasi matematis yang diberikan kepada 258 peserta didik kelas XII dari tiga sekolah menunjukkan karakteristik butir yang baik berdasarkan kesesuaian dengan Partial Credit Model, nilai INFIT MNSQ, reliabilitas, dan tingkat kesukaran. Output QUEST (file sh.out) mengonfirmasi bahwa instrumen memiliki kualitas yang memadai.

Berdasarkan analisis model *Partial Credit Model* (PCM), semua butir soal kemampuan berpikir kritis (10 butir) dan representasi matematis (6 butir) menunjukkan kecocokan dengan model, dengan nilai INFIT MNSQ antara 0,77–1,33, sehingga layak digunakan pada tahap implementasi penelitian. Selain itu, analisis reliabilitas melalui output software QUEST pada *summary of item estimates* dan *summary of case estimates* menunjukkan bahwa instrumen memiliki konsistensi pengukuran yang tinggi, baik pada tingkat item maupun pada tingkat sampel peserta didik, yang memastikan keandalan soal dalam menilai kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis (lihat Tabel 5).

Tabel 5. Hasil Reliabilitas Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Kritis dan Representasi Matematis

| Variabel | Reliabilitas | Nilai Reliabilitas | Kategori |
|------------------------|----------------------------------|--------------------|----------|
| Berpikir Kritis | <i>Summary of item estimates</i> | 0.83 | Reliabel |
| | <i>Summary of case estimates</i> | 0.68 | Reliabel |
| Representasi Matematis | <i>Summary of item estimates</i> | 0.83 | Reliabel |
| | <i>Summary of case estimates</i> | 0.63 | Reliabel |

Hasil analisis menunjukkan bahwa soal kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis memiliki reliabilitas yang baik sehingga dapat digunakan secara konsisten untuk mengukur kemampuan peserta didik, dengan sebagian besar item berkontribusi signifikan terhadap keseluruhan pengukuran. Analisis tingkat kesukaran butir soal menggunakan software QUEST menunjukkan nilai delta kesukaran berada dalam rentang -2,00 (sangat mudah) hingga +2,00 (sangat sukar), dengan soal tingkat kesukaran sedang dianggap paling ideal karena mampu membedakan peserta didik yang memahami materi dengan baik dan yang masih kurang. Hasil lengkap tingkat kesukaran butir soal dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Tingkat Kesukaran Butir Soal Kemampuan Berpikir Kritis dan Representasi Matematis

| Kategori | Butir Soal | Nilai Delta (b) | Kategori |
|-----------------|------------|-----------------|----------|
| Berpikir Kritis | 1 | -0.80 | Sedang |
| | 2 | -0.56 | Sedang |
| | 3 | -0.60 | Sedang |
| | 4 | -0.39 | Sedang |
| | 5 | -0.41 | Sedang |
| | 6 | -0.48 | Sedang |
| | 7 | +0.87 | Sedang |
| | 8 | -0.32 | Sedang |
| | 9 | +1.80 | Sukar |

| | | | |
|--------------|----|-------|--------|
| | 10 | +0.89 | Sedang |
| | 1 | -0.81 | Sedang |
| | 2 | -0.77 | Sedang |
| Representasi | 3 | -0.79 | Sedang |
| Matematis | 4 | +0.46 | Sedang |
| | 5 | +0.29 | Sedang |
| | 6 | +1.61 | Sukar |

Secara keseluruhan, butir soal untuk mengukur berpikir kritis dan representasi matematis telah memenuhi kriteria kesesuaian, reliabilitas, dan tingkat kesukaran sehingga layak untuk tahap implementasi. Kepraktisan video pembelajaran berbasis PBL melalui Google Site diuji pada 36 peserta didik kelas XI.B MAN 3 Sleman melalui penilaian tampilan, penyajian materi, pengoperasian, dan manfaat media menggunakan 27 butir angket. Data ordinal angket dikonversi menjadi interval dengan MSI dan dianalisis menggunakan SBI, yang menunjukkan bahwa video pembelajaran tersebut praktis dan efektif digunakan, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Respon Peserta Didik dalam Uji Coba Terbatas

| No | Aspek | Total Rata-Rata | Kriteria |
|---------------------------|---------------------|-----------------|-------------|
| 1 | Tampilan | 3.06 | Baik |
| 2 | Penyajian Materi | 3.14 | Baik |
| 3 | Pengoperasian Media | 3.04 | Baik |
| 4 | Manfaat Media | 3.00 | Baik |
| Rerata Keseluruhan | | 3.06 | Baik |

Berdasarkan penilaian uji coba terbatas produk video pembelajaran berbasis *problem based learning* melalui *google site* pada materi gelombang cahaya ditinjau dari respon peserta didik diperoleh hasil bahwa semua aspek penilaian dalam pengujian ini memiliki kategori baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa video pembelajaran berbasis *problem based learning* melalui *google site* pada materi gelombang cahaya praktis dan dapat digunakan dalam pembelajaran fisika.

Tahap Implement (Implementasi)

Tahap implementasi dilakukan melalui uji lapangan pada tiga kelas, yaitu satu kelas eksperimen yang menggunakan video pembelajaran berbasis Problem Based Learning melalui Google Site dan dua kelas kontras tanpa media tersebut. Pembelajaran mencakup penyampaian tujuan, pretest delapan butir essay, orientasi dan investigasi masalah menggunakan video, serta kegiatan analisis dan presentasi hasil kelompok. Setelah itu diberikan posttest delapan butir essay untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis. Efektivitas produk dianalisis menggunakan uji N-gain, uji prasyarat, MANOVA, dan General Linear Model, dengan perbandingan nilai pretest, posttest, dan N-gain tiap kelas sebagaimana diringkas pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Kemampuan Representasi Matematis

| Kategori | Kelas | Jumlah Peserta Didik | Rerata Kemampuan | | N-gain | Kategori |
|------------------------|------------|----------------------|------------------|----------|--------|----------|
| | | | Pretest | Posttest | | |
| Berpikir Kritis | Eksperimen | 36 | 23.61 | 84.31 | 0.80 | Tinggi |
| | Kontras 1 | 36 | 23.33 | 76.11 | 0.69 | Sedang |
| | Kontras 2 | 36 | 22.92 | 66.53 | 0.56 | Sedang |
| Representasi Matematis | Eksperimen | 36 | 35.42 | 81.24 | 0.72 | Tinggi |
| | Kontras 1 | 36 | 34.72 | 70.43 | 0.53 | Sedang |
| | Kontras 2 | 36 | 34.26 | 67.59 | 0.48 | Sedang |

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen yang menggunakan video berbasis PBL melalui Google Site mengalami peningkatan tinggi pada kemampuan berpikir kritis ($N\text{-gain}$ 0,80) dan representasi matematis ($N\text{-gain}$ 0,72), sementara kelas kontras hanya mencapai peningkatan sedang. Temuan ini menegaskan efektivitas media digital berbasis PBL dalam memperkuat pemahaman konsep dan representasi matematis dibandingkan pembelajaran konvensional. Untuk memastikan efektivitas tersebut, dilakukan analisis MANOVA dengan dua variabel terikat setelah memenuhi sembilan asumsi prasyarat; empat asumsi dasar terkait jenis data, jumlah perlakuan, independensi, dan kecukupan sampel terpenuhi tanpa uji statistik. Uji normalitas multivariat dengan Shapiro-Wilk melalui SPSS kemudian digunakan untuk memastikan distribusi kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis pada setiap kelompok, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Normalitas Data

| Variabel Teruji | Asymp. Sig. (2-tailed) | | | Keterangan |
|-----------------|------------------------|-----------|-----------|------------|
| | Eksperimen | Kontras 1 | Kontras 2 | |
| Pre_BK | 0.219 | 0.263 | 0.398 | Normal |
| Post_BK | 0.112 | 0.102 | 0.269 | Normal |
| Pre_RM | 0.146 | 0.103 | 0.117 | Normal |
| Post_RM | 0.51 | 0.91 | 0.88 | Normal |

Hasil uji normalitas menunjukkan seluruh nilai signifikansi pretest dan posttest pada ketiga kelompok berada di atas 0,05, sehingga data berdistribusi normal. Uji linearitas dan homogenitas juga terpenuhi, ditunjukkan oleh scatter plot Mahalanobis distance yang berpola linear serta nilai Box's M dan Levene's Test yang lebih besar dari 0,05. Uji multikolinearitas turut mengonfirmasi tidak adanya korelasi tinggi antar variabel. Dengan terpenuhinya seluruh prasyarat tersebut, data dianalisis menggunakan MANOVA melalui GLM, dengan pengambilan keputusan merujuk pada nilai Hotteling's Trace sebagaimana ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisis MANOVA

| Effect | Value | F | Sig. |
|------------------|-------|--------|------|
| Hoteling's Trace | 0.836 | 10.554 | 0.00 |

Hasil analisis multivariat menunjukkan bahwa nilai Hotelling's Trace signifikan ($p = 0,00 < 0,05$), yang mengindikasikan penolakan H_0 dan menegaskan adanya pengaruh simultan jenis perlakuan pembelajaran terhadap kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis. Selanjutnya, perbedaan rata-rata variabel independen dan dependen secara univariat dapat dianalisis melalui output *Test of Between-Subject Effects* pada SPSS, sebagaimana disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil *Test of Between-Subject Effect* Variabel

| Kelas | Variabel | F | Sig |
|------------|------------------------|--------|------|
| Eksperimen | | | |
| Kontras 1 | Berpikir Kritis | 14.303 | 0.00 |
| Kontras 2 | | | |
| Eksperimen | | | |
| Kontras 1 | Representasi Matematis | 5.162 | 0.07 |
| Kontras 2 | | | |

Hasil analisis pada Tabel 11 menunjukkan perbedaan signifikan pada kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis antara kelas eksperimen yang menggunakan

video PBL melalui Google Site dan kedua kelas kontras ($\text{Sig. } 0,00 < 0,05$), sehingga Ho ditolak. Temuan ini menegaskan bahwa video berbasis PBL secara efektif meningkatkan kedua kemampuan tersebut pada materi gelombang cahaya. Selain itu, hasil Pairwise Comparison dengan uji Bonferroni pada data pretest–posttest yang homogen (Tabel 12) mengidentifikasi kelompok dengan peningkatan paling menonjol, yang memperkuat efektivitas intervensi.

Tabel 12. Hasil Uji *Pairwise Comparasion*

| Dependent Variabel | (I) Kelas | (J) Kelas | Mean Difference (I-J) | Sig. |
|------------------------|------------|------------|-----------------------|-------|
| Berpikir Kritis | Eksperimen | Kontras 1 | 5.486* | 0.003 |
| | | Kontras 2 | 13.125* | 0.000 |
| | Kontras 1 | Eksperimen | -5.486* | 0.003 |
| | | Kontras 2 | 7.639* | 0.000 |
| | Kontras 2 | Eksperimen | -13.125* | 0.000 |
| | | Kontras 1 | -7.639* | 0.000 |
| Representasi Matematis | Eksperimen | Kontras 1 | 8.090* | 0.016 |
| | | Kontras 2 | 9.720* | 0.003 |
| | Kontras 1 | Eksperimen | -8.090* | 0.016 |
| | | Kontras 2 | 1.630 | 1.000 |
| | Kontras 2 | Eksperimen | -9.720* | 0.003 |
| | | Kontras 1 | -1.630* | 1.000 |

Hasil uji *pairwise comparison* Bonferroni menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis tertinggi terjadi pada kelas eksperimen, dengan perbedaan signifikan terhadap kedua kelas kontras ($\text{sig} < 0,05$), sementara kelas kontras 1 dan 2 tidak berbeda signifikan. Temuan ini menegaskan bahwa video pembelajaran berbasis *problem-based learning* melalui Google Site secara efektif meningkatkan kedua kemampuan tersebut, tercermin dari kenaikan nilai posttest yang lebih tinggi pada kelas eksperimen. Analisis efektivitas melalui *effect size* (eta squared) juga menunjukkan kontribusi signifikan dengan nilai Cohen's f untuk berpikir kritis sebesar 0,308 (large) dan untuk representasi matematis sebesar 0,146 (medium), menunjukkan bahwa penggunaan video pembelajaran berbasis Problem Based Learning melalui Google Site pada materi gelombang cahaya memberikan kontribusi yang efektif terhadap peningkatan kedua kemampuan tersebut.

Tahap *Evaluate* (Evaluasi)

Tahap evaluasi pengembangan video pembelajaran berbasis *problem based learning* melalui Google Site pada materi gelombang cahaya bertujuan menilai pemenuhan tujuan pengembangan, kelayakan, kepraktisan, peningkatan kemampuan berpikir kritis, representasi matematis, dan respon peserta didik. Secara teoritis, media dinyatakan layak oleh ahli, sedangkan hasil tes menunjukkan peningkatan signifikan pada kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis dengan nilai N-gain tinggi (0,7) pada kelompok eksperimen. Kepraktisan media dinilai sangat baik oleh praktisi dan peserta didik sehingga produk dapat diterima. Revisi produk dilakukan berdasarkan masukan validator, mencakup perbaikan instrumen tes (redaksi, ilustrasi, referensi gambar, dan ejaan) serta media pembelajaran (penambahan profil pengembang dan ringkasan materi interferensi dan difraksi cahaya) untuk menyempurnakan kualitas dan kelayakan penggunaan produk.

Pembahasan

Penelitian ini merupakan penelitian Research & Development (R&D) yang menggunakan model pengembangan ADDIE, meliputi lima tahap: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Produk yang dihasilkan berupa video pembelajaran berbasis problem based learning (PBL) melalui Google Site, yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis peserta didik. Video ini mudah diakses melalui smartphone maupun laptop dan disusun sesuai sintaks model PBL, dengan materi singkat mengenai interferensi dan difraksi cahaya. Selain video, penelitian ini juga mengembangkan modul ajar berbasis Kurikulum Merdeka untuk dua kali pertemuan dan instrumen tes yang berfokus pada kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis.

Produk yang dikembangkan telah melalui revisi awal berdasarkan bimbingan dan divalidasi oleh dosen pendidikan fisika serta guru fisika. Hasil validasi menyatakan video layak digunakan, sejalan dengan penelitian Wahyuni (2021) yang memperoleh nilai rata-rata 0,94 pada aspek materi, media, dan kemanfaatan, serta penelitian Hafiza (2025) yang melaporkan tingkat kevalidan 98% (sangat layak). Uji coba terbatas pada 32 siswa menunjukkan respon positif sebesar 82%, mengindikasikan efektivitas video dalam meningkatkan pemahaman konsep, konsisten dengan penelitian Pratama (2018) yang melaporkan respon positif rata-rata 85% terhadap video PBL.

Revisi tahap I berdasarkan masukan validator menghasilkan produk yang praktis digunakan dalam pembelajaran, terbukti dari uji coba terbatas dengan angket respon peserta didik. Penelitian ini juga melibatkan instrumen tes kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis yang telah direvisi, divalidasi, dan dinyatakan reliabel melalui uji empiris menggunakan software QUEST, sehingga dapat digunakan untuk pretest dan posttest pada tahap implementasi.

Tahap implementasi dilakukan dengan desain pretest-posttest control group pada tiga kelas: kelas eksperimen menggunakan video PBL Google Site, kelas kontras 1 menggunakan model PBL konvensional, dan kelas kontras 2 menggunakan PowerPoint. Hasil pretest-posttest dianalisis menggunakan MANOVA dan General Linear Model (GLM) setelah memenuhi prasyarat uji normalitas, homogenitas, linearitas, dan bebas multikolinearitas. Analisis GLM menunjukkan nilai signifikansi 0,00 (<0,05), menandakan perbedaan skor signifikan pada kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis antar kelas.

Berdasarkan analisis pairwise comparisons dan nilai partial eta squared pada Hotteling's trace, peningkatan paling tinggi terjadi pada kelas eksperimen yang menggunakan video PBL Google Site. Analisis effect size Cohen's f menunjukkan dampak sangat kuat terhadap kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis. Temuan ini diperkuat oleh penelitian Hasanah (2023) yang menunjukkan pengaruh signifikan model PBL berbantuan video animasi terhadap efikasi diri dan kemampuan berpikir kreatif, serta penelitian Wulandari (2023) yang melaporkan N-Gain kelas eksperimen 76 dengan ketuntasan belajar 90,92%, dibandingkan kelas kontras dengan N-Gain 49 dan ketuntasan 75%.

Maka, produk akhir penelitian berupa video pembelajaran berbasis PBL melalui Google Site terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis dan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang cahaya. Adapun keterbatasan penelitian meliputi uji kepraktisan yang hanya meninjau respon peserta didik, belum melibatkan guru fisika, serta adanya kendala jeda waktu istirahat yang menyebabkan keterlambatan peserta didik masuk kelas, yang diatasi dengan mendahulukan peserta yang sudah hadir.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan penelitian menunjukkan bahwa video pembelajaran berbasis *problem-based learning* melalui Google Site pada materi gelombang cahaya dinyatakan layak digunakan karena memenuhi aspek validitas dan kepraktisan. Validitas dinilai sangat baik oleh ahli, praktisi, dan rekan sejawat, sedangkan kepraktisan tercermin dari respon positif peserta didik yang menandai kemudahan penggunaan dan kesesuaian media dengan kebutuhan belajar. Selain layak, produk ini juga terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan representasi matematis peserta didik, yang ditunjukkan melalui perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol serta besaran pengaruh yang berada pada kategori moderat, sehingga dapat disimpulkan bahwa integrasi model *problem-based learning* dalam format video interaktif mampu memberi dampak pembelajaran yang bermakna.

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah melalui inovasi pengembangan media pembelajaran yang memadukan *problem-based learning* dengan struktur navigasi Google Site, menghasilkan model penyajian materi yang lebih terarah, interaktif, dan mudah diakses. Produk ini berpotensi menjadi rujukan dalam pengembangan media pembelajaran digital yang menekankan kemampuan representasional dan penalaran tingkat tinggi pada mata pelajaran sains. Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada cakupan materi, belum melibatkan penilaian kepraktisan dari guru, dan belum mengakomodasi penggunaan secara offline. Oleh karena itu, perluasan materi, penyempurnaan fitur, peningkatan aksesibilitas, serta peningkatan kualitas video direkomendasikan agar media dapat memberikan manfaat yang lebih luas dan berkelanjutan dalam proses pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adzkiya, D. S., & Suryaman, M. (2021). Penggunaan Media Pembelajaran Google Site Dalam Pembelajaran Bahasa Inggris Kelas V SD. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 6(2), 20.
- Alandia, R. G., Jumadi, Wilujeng, I., & Kuswanto, H. (2019). The Effects Of Web-Assisted Problem Based Learning Model Of Physics Learning On High School Students' Critical Thinking Skills. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1233(012048), 1.
- Arif, M., Festiyed, Desnita, & Dewi, W. S. (2019). Pembuatan Bahan Ajar Berbasis Android Untuk Pembelajaran Fisika Pada Materi Gelombang Bunyi, Gelombang

- Cahaya Dan Alat Optik Di Kelas Xi SMA/MA. *Pillar Of Physics Education*, 12(3), 457.
- Arsyad, A. (2002). *Media Pembelajaran*. Indonesia: Raja Grafindo Persada.
- Astutik, S. (2020). HOTS Student Worksheet To Identification Of Scientific Creativity Skill, Critical Thinking Skill And Creative Thinking Skill In Physics Learning. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1465(012075), 1.
- Azizah, L. N. (2019). Kemampuan Representasi Matematis Ditinjau Dari Gaya Kognitif Siswa Kelas X Pada Pembelajaran Matematika Dengan Model Problem Based Learning. *Prosiding Smeinar Nasional Matematika*, 2, 355-365.
- Barriyah, K. (2021). Problem Solving Skills: Essential Skills Challenges For The 21st Country Graduates. *EDUCATIO: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 71.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design-The ADDIE Approach*. New York: Springer.
- Della, A., Mahardika, I. K., & Bektiarso, S. (2021). Analisis Kemampuan Representasi Gambar Dan Matematis Materi Gerak Lurus Pada Siswa Sma Di Bondowoso. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(3), 90.
- Devi, B. S., & Subali, B. (2021). Pengembangan Video Pembelajaran Fisika Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Minat Dan Hasil Belajar Siswa . *Unnes Physics Education Journal*, 10(2), 155.
- Faradila, A., Mahardika, I. K., & Bektiarso, S. (2022). Analisis Kemampuan Representasi Matematik Dan Gambar Siswa SMAN 1 Jember Pada Materi Suhu Dan Kalor. *Jurnal Phi:Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 8(2), 8.
- Feribertus Nikat, R. (2018). The Evaluation Of Physics Students' Problem-Solving Ability Through Mauve Strategy (Magnitude, Answer, Units, Variables, And Equation). *PEOPLE: International Journal Of Social Sciences* 3, 1234-1251.
- Hafizah, S. (2020). Penggunaan Dan Pengembangan Video Dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Metro*, 8(2), 225.
- Hamdi, Muchsin, Saiful, M., & Husna, Z. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Kinematika Untuk Meningkatkan Kemampuan Multimodal Representasi Mahasiswa Calon Guru Fisika. *Jurnal Real Riset*, 4(2), 296.
- Haryati, N. W. (2020). Problem Based Learning Instruction Assisted By E-Book Improve Mathematical Representation Ability And Curiosity Attitudes On Optical Devicces. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1440(1).
- Hasanah, L. (2023). Pengaruh model problem-based learning berbantuan video animasi terhadap self-efficacy dan kemampuan berpikir kreatif peserta didik. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 11(1), 22-31.
- Hidayani, R., Widyastuti, & Sutiarso, S. (2020). Kemampuan Representasi Matematis Siswa Dengan Menggunakan Model Pembelajaran Alqurun. *Seminar Nasional Pendidikan FKIP Universitas Lampung*, 149.

- Indriana, L. &. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI SMAN 4 Pekanbaru Pada Pembelajaran Biologi TA 2020/2021. *Biologi And Education Journal*, 10(10), 40-48.
- Islandia, E., & Darmawan, D. (2023). Pengembangan Google Sites Sebagai Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa. *Jurnal TeknodiK*, 27(1), 51.
- Khoiriyah, S. &. (2021). Studies In Learning and Teaching Studies in Learning and Teaching Effectiveness Of Comics To Train Students' Critical Thinking Skills In Physics Learning: A Mini-Review. *Studies In Learning and Teaching*, 2(1), 5-15.
- Kim, K., Clarianay, R. B., & Kim, Y. (2019). Automatic Representation of Knowledge Structure: Enhancing Learning Trough Knowledge Structure Reflection an An Online Course. *Educational Technology ResearchaAnd Development*, 67(1), 105-122.
- Kurniasari, L. Y., & Wasis. (2021). Analisis Kemampuan Multi Representasi Dan Kaitannya Dengan Pemahaman Conceptual Understanding Of Physics. *Jurnal Pijar MIPA*, 16(2), 142.
- Kurniawan, H. D., & Kuswanto, H. (2021). Improving Students' Mathematical Representation And Critical Thinking Abilities Using The CAKA Media Based On Local Wisdom. *International Journal Of Interactive Mobile Technologies*, 15(2), 72-87.
- Kurniawati, I., Sarifuddin, S., & Widawati. (2021). Analisis Kebutuhan Pengembangan Media Video Pembelajaran Mata Pelajaran Fisika Jenjang SMA. *Jurnal TeknodiK*, 25(2), 107.
- Lase, D. (2019). Pendidikan Di Era Revolusi Industri 4.0. *SUNDERMANN: Jurnal Ilmiah Teologi, Pendidikan, Sains, Humaniora Dan Kebudayaan*, 28-43.
- Lucas, L. &. (2019). High School Student' Use of Representations In Physics Problem Solving. *School Science and Matematics*, 119(6), 327-339.
- Mei, X. Y., Aas, E., & Medgard, M. (2019). Teachers' Use of Digital Learning Ool For Teaching In Higher Education: Exploring Teaching Practice And Sharing Culture. *Journal Of Applied Research in Higher Education.*, 11(3), 522.
- Melati, E., Fayola, A. D., Hita, I. A., & Saputra, A. A. (2023). Pemanfaatan Animasi Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar. *Journal Of Education*, 06(01), 732.
- Mundilarto, M., & Ismoyo, H. (2017). Effect Of Problem Based Learning On Improvement Physics Achievement Anc Critical Thinking Of Senior High School Student. *Journal Of Baltic Science Eduation*, 761-779.
- Murni, S., Nurcahyono, N. A., & Lukman, A. (2024). Penerapan Modul Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan

- Representasi Matematis Peserta Didik. *Jurnal Riset Pendidikan dan Inovasi Pembelajaran Matematika*, 8(2), 22-31.
- Nguyen, N. G., & Dao, T. H. (2015). Designing And Using Interactive E-Book In Vietnam. *International Journal Of Learning, Teaching And Educational Research*, 11(1), 75-98.
- Novriyaldi, R., Dewi, W. S., Desnita, & Suherm, D. (2024). Validasi Media Pembelajaran Fisika Berbasis Video Animasi Yang Memuat Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(3), 40934-40940.
- Pratama, F. F., Rustana, C. E., & Sunaryo. (2018). Pengembangan Video Pembelajaran Berbasis Problem-Based Learning Pada Materi Listrik Arus Searah Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMA. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, VII, 112-117.
- Pratama, Y. A., & Mashuri, &. (2023). Kemampuan Representasi Matematis Siswa Kelas VII Pada Pembelajaran *Somtic, Auditory, Visualization, Intellectually* (SAVI) Berbantuan Video Animasi. *PRISMA (Prosiding Seminar Nasional Matematika)*, 6(8914), 606-613.
- Priyadi, A., Kuswanto, H., & Sumarna. (2020). Android Physics Comics To Train The Mathematical Representation Ability On Momentum And Impuls Of Senior High School Students. *Journal Of Physics, Conference Series*, 1440(1).
- Progo, T. V., Norris, S., Salanti, G., Johnson, L. F., Simpson, J. A., Low, N., . . . & Althaus, C. L. (2019). The Use Of Mathematical Modeling Studies For Evidence Synthesis And Guideline Development: A Glosarry. *Research Synthesis Methods*, 10(1), 125-133.
- Qohar, A. &. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas X Dalam Memecahkan Masalah SPLTV. *Jurnal Cendikia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 909-922.
- Rahmasari, A., & Kuswanto, H. (2023). The Effectiveness Of Problem-Based Learning Physics Pocketbook Integrating Augmented Reality With The Local Wisdom Of Catapults In Improving Mathematical And Graphical Representation Abilities. *Journal Of Technology And Science Education*, 13(3).
- Reyza, M. T. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa Berbasis POE Dan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Topik Fluida Statis. *Edufisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 6-13.
- Rosuli, N. K. (2019). Pembelajaran Remedial Terpadu Dengan Menerapkan Model Pembelajaran Generatif Untuk Mengubah Miskonsepsi Siswa Terhadap Konsep Usaha Dan Energi. *Jurnal Kumparan Fisika*, 2(3), 185-192.
- Samsuddin, A. F., & Retnawati, H. (2018). Mathematical Representation: The Roles, Challenges And Implication On Intruction. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1097, 1-7.

- Sari, D. P., Murtono, & Utomo, S. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Ips Berbasis Problem Based Learning Dan Ular Tangga. *Jurnal Pendidikan Edutama*, 8(1), 1.
- Septi, R., Nugroho, A. A., & Saputra, B. A. (2022). Pengembangan Video Pembelajaran Digital Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Jurnal Kualita Pendidikan*, 3(2), 81-86.
- Setiawan, A., Pursitasari, I. D., & Hardhienata, H. (2018). Pengembangan Kit Praktikum Difraksi dan Interferensi Cahaya untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Kemampuan Berpikir Kritis. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pengajaran*, 5(1).
- Setyawati, R., Bidra Ambarizka, E., & Handayanto, A. (2020). Profil Kemampuan Representasi Matematis Siswa SMP Ditinjau Dari Self Efficacy. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 10(2), 220-235.
- Solecha, M. I., Jumini, S., & Hidayat, M. (2023). Upaya Meningkatkan Critical Thinking Siswa Melalui Pengembangan Video Pembelajaran IPA Fisika Berbasis Problem Based Learning. *SPED (Science And Phsics Educational Journal)*, 6(2), 69-78.
- Suana, W., Istiana, P., & Maharta, N. (2019). Pengaruh Penerapan Blended Learning Dalam Model Pembelajaran Inkuiiri Terbimbing Pada Materi Listrik Statis Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*, 7(2), 129.
- Suindhia, I. W. (2023). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Terhadap Hasil Belajar Fisika. *Jurnal Inovasi Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 3(1), 49.
- Sulistyowarni, P. A. (2019). The Effectiveness Of OR-IPA Teaching Model To Improve Students' Critical Thinking Skills On Senior High School Physics Subject. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1157(3).
- Sutrisno, F. H., Handayanto, S. K., Supriyana, E., & Laksmisari, R. (2018). How Does The Student' Critical Thinking Abiliyu In Geometry Optics? *Unnes Science Education Journal*, 7(2), 186-191.
- Ufafiriah, Q. R. (2020). Identifikasi Masalah Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Guna Mengetahui Pengaruh Model Dan Pendekatan Pembelajaran. *Jurnal UNSIQ*, 2(1), 75-82.
- Wahyuni, L., & Sari, M. (2021). Pengembangan E-Book Berbasis Project Based Learning (PJBL) untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kreatif Pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan Kelas XII SMA. *Bioedu*, 10(2), 314-325.
- Wulandari, S., Purdhiyah, P., & Annovasho, J. (2022). Studi Literatur: Penerapan E-Book Dalam Pembelajaran Fisika. *Gravitasi Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 5(02).
- Yoshua, R., Okyranida, I. Y., & Saraswati, D. L. (2022). Pengembangan Video Pembelajaran Animasi Fisika Berbasis Powtoon Pada Materi Pemanasan Global . *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 3(1), 72.