



## Pengembangan Media *Play Mathematics with Technology* dalam Melatihkan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Siswa

Siti Lailiyah\*, Kusaeri, Anni Mujahidad Dina, Elmita Irmanila, Putri Dwi Nuryaningsih

Program Studi Pendidikan Matematika, UIN Sunan Ampel Surabaya, Surabaya, Indonesia

\* Corresponding Author. E-mail: [lailiyah@uinsby.ac.id](mailto:lailiyah@uinsby.ac.id)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 18-Jun. 2022

Revised: 22-Apr. 2023

Accepted: 11-Jul. 2023

#### Keywords:

Berpikir kritis, media pembelajaran, pemecahan masalah

### ABSTRACT

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan media *Play mathematics with Technology* (PHET) untuk melatih berpikir kritis dan pemecahan masalah. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan 6 fase yaitu *initiation, specification, design, production, review and evaluation, delivery and implementation*. Subjek penelitian yaitu 36 siswa kelas V, 27 siswa kelas IX, dan 30 siswa kelas XII. Analisis kevalidan dan kepraktisan media PHET yang dikembangkan dengan validitas produk dan materi media, serta analisis angket respon siswa. Sedangkan analisis keefektifan media dengan analisis tes kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Pengembangan media PHET yang dikembangkan melalui tahapan: (a) Menyesuaikan dengan kurikulum 2013, memilih materi dimana kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa masih rendah serta menganalisis sejauh mana kemampuan siswa, dan membuat media PHET yang mudah dioperasikan, (b) Menyusun *storyboard*, (c) Memilih karakter yang sesuai dengan karakteristik siswa di setiap jenjang, warna yang dapat meningkatkan semangat belajar, dan *sound effect*, (d) Pembuatan media PHET dengan *Unity*, (e) Penilaian oleh validator bahwa media PHET dan instrumen valid dan reliabel, dan (f) Implementasi media untuk setiap jenjang didapatkan jika media PHET praktis. Penerapan media PHET terhadap siswa juga dikatakan efektif karena dapat melatih kemampuan berpikir kritis dengan kategori sedang dan tinggi. Kelebihan media PHET terletak pada grafis yang disajikan dengan karakter-karakter nuansa islami dan penyajian materi yang disajikan dengan memberikan kebebasan siswa untuk mengeksplor suatu situasi atau masalah sehingga siswa dapat membangun sendiri pemahamannya dan menemukan sendiri pemecahan masalahnya. Kendati demikian, penyajian grafis yang masih 2D memberikan keterbatasan siswa dalam mengeksplor media PHET terlebih pada materi dimensi tiga.

*The purpose of this research is to develop Play mathematics with Technology (PHET) media to train critical thinking and problem solving. This type of research is development research with 6 phases: initiation, specification, design, production, review and evaluation, delivery and implementation. The research subjects were 36 students of class V, 27 students of class IX, and 30 students of class XII. Analysis of the validity and practicality of Play mathematics with Technology (PHET) media developed with the validities of media products and materials, and student response questionnaire analysis. The analysis of the effectiveness of the media with the analysis of critical thinking skills and problem solving. The development of PHET media which was developed through the following stages: (a) Adapting to the 2013 curriculum, choosing materials where students' critical thinking and problem solving skills are still low, as well as analyzing the extent of students' abilities, and making PHET media that easy to operate; (b) Prepare storyboards; (c) Choose characters that match the characteristics of students at each level, colors that can increase enthusiasm for learning, and sound effects; (d) Making PHET media with Unity; (e) Assessment by the validator that PHET media and instruments are valid and reliable; (f) Implementation of media for each level is obtained if PHET media is practical. The application of PHET media to students is also said to be effective because it can train critical thinking skills with the medium and high categories. The advantage of PHET media lies in the graphics presented with characters with Islamic nuances and the presentation of the material presented by giving students the freedom to explore a situation or problem so that students can build their own understanding and find their own solutions to the problem. However, the graphic presentation which is still 2D limits students in exploring PHET media, especially three-dimensional material.*




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



**How to Cite:**

Lailiyah, S., Kusaeri, K., Dina, A. M., Irmanila, E., & Nuryaningsih P. D. (2023). Pengembangan media play mathematics with technology dalam melatih berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa. *Pythagoras: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 18(1), 14-36. <https://doi.org/10.21831/pythagoras.v18i1.50957>

 <https://doi.org/10.21831/pythagoras.v18i1.50957>

**PENDAHULUAN**

Kondisi pandemi akibat Covid-19 menyebabkan perubahan yang signifikan pada semua sektor kehidupan masyarakat Indonesia, terutama dunia pendidikan (Putri et al., 2020; Rasmitadila et al., 2020; Yudiawan et al., 2021). Perubahan metode pembelajaran yang seyogianya bertemu secara langsung antara siswa dengan guru atau disebut Pertemuan Tatap Muka (PTM), berubah menjadi Pertemuan Jarak Jauh (PJJ) yang dilakukan secara online (Setiati & Azwar, 2020). Peralihan metode pembelajaran dari PTM ke PJJ menjadikan media pembelajaran berbasis teknologi sebuah kebutuhan (Ibrahim et al., 2022; Lailiyah et al., 2021). Teknologi dianggap sebagai langkah yang cukup efektif untuk disandingkan dengan pendidikan dalam memenuhi segala keterbatasan dalam penyampaian materi (Turnbull et al., 2021).

Di sisi lain, memasuki abad 21 ini, pendidikan dihadapkan pada tantangan untuk menciptakan generasi yang mampu bersaing dan berpikir secara cepat dan akurat (Higgins, 2014). Salah satunya yakni siswa dituntut untuk memiliki kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Dwyer et al., 2014; Fuad et al., 2017). Berpikir kritis dan pemecahan masalah menjadi bagian penting tujuan pendidikan di berbagai negara dalam menghadapi segala sesuatu di masa mendatang. Di Malaysia misalnya, pembiasaan kemampuan berpikir tingkat tinggi pada setiap pembelajaran selalu menjadi tujuan kognitif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Rahman & Manaf, 2017). Upaya yang sama juga dilakukan guru di Australia, yakni dengan membiasakan melakukan pembelajaran berbasis eksperimental (Heinrich et al., 2015).

Peran guru sangatlah penting dalam menciptakan kualitas pembelajaran bermakna (Marlina et al., 2018). Namun, berdasarkan survei yang dilakukan oleh Murtafiah et al., (2020), guru matematika di sekolah dasar dan menengah di Indonesia, sebagian besar dari mereka melakukan pembelajaran matematika hanya sebatas mentransfer materi pada saat pandemi. Siswa cenderung dihadapkan pada proses pembelajaran yang menjadikan mereka sebagai penerima informasi semata, tanpa adanya peran aktif yang dilakukan oleh siswa (Hastuti & Mawaddah, 2022; Moma, 2017). Pendapat lain juga diungkap oleh Marini & Milawati, (2020) bahwa tantangan terbesar PJJ yakni kurangnya kedisiplinan siswa karena jauh dari pengawasan guru. Oleh karena itu, berbagai inovasi pembelajaran yang memudahkan guru dan tentunya bermakna bagi siswa sangat penting untuk diciptakan, salah satunya yakni pengembangan media pembelajaran.

Media pembelajaran berperan aktif dalam membangun kemauan siswa untuk mengeksplor lebih dalam suatu materi pembelajaran, terutama dalam materi matematika (Dwijayani, 2019; Widodo & Wahyudin, 2018). Tidak hanya itu saja, di masa pandemi seperti ini, media pembelajaran dapat digunakan sebagai alternatif mengatasi kebosanan siswa yang mengalami keterbatasan dalam berinteraksi (Jacinto & Carreira, 2021). Misalnya dengan mengembangkan media pembelajaran interaktif (Elmunyah et al., 2019). Oleh karenanya penelitian ini mengembangkan suatu aplikasi pembelajaran berbasis laboratorium virtual menggunakan *software unity* berbasis website khusus untuk pembelajaran matematika yang dinamakan *Play maTHEmatics with Technology* (PHET).

PHET merupakan pengembangan media pembelajaran matematika berbasis website yang mengadopsi dari *Physics Education Technology* (PhET). Simulasi dari PhET dominan pada pembelajaran sains (fisika, kimia, dan biologi) (Moore et al., 2014; Wieman et al., 2010). (Meadows & Caniglia, 2019) berpendapat bahwa dasar dari ilmu Sains dapat diadaptasi pada pembelajaran matematika khususnya di kelas 12, namun benar-benar membutuhkan persiapan guru yang matang karena tidak banyak materi matematika yang tersedia pada media PhET. Sehingga PHET ini khusus dirancang untuk pembelajaran matematika untuk materi pecahan, bilangan, dan dimensi tiga. Perancangan media pembelajaran PHET dibuat berdasarkan simulasi sebuah permainan yang menciptakan siswa agar berperan aktif dalam penggunaannya (Astra et al., 2015). Terdapat 4 fitur yang disajikan di dalamnya, yakni *home*, *eksplor main menu*, pemecahan masalah, dan perekam skor hasil aktivitas. Keempat fitur tersebut dijadikan sebagai *database* yang digunakan untuk siswa mengeksplor pengetahuan mereka terhadap materi yang disajikan. Media pembelajaran yang mengusung tema *game* (permainan) sangat cocok untuk meningkatkan kemampuan

berpikir kritis dan pemecahan masalah (Erhel & Jamet, 2013). Hal ini dikarenakan, permainan dapat mengajarkan kepada siswa untuk bereksperimen dengan pengetahuannya sendiri tanpa adanya intervensi dari guru (Gros, 2007).

PHET ini khusus dirancang untuk pembelajaran matematika untuk materi pecahan, bilangan, dan dimensi tiga. Pemilihan materi tersebut dilandasi dengan perolehan hasil vote kepada guru pada jenjang MI, MTs, dan MA yang disebarakan melalui google forms. Menurut pendapat guru MI, materi pecahan merupakan salah satu materi yang sulit untuk dinalar oleh siswa karena kesulitan untuk mengimajinasikan bentuk pecahan tersebut. Akhirnya, salah satu bentuk upaya guru MI yakni dengan menggunakan media pembelajaran. Namun, media tersebut terkadang masih sulit untuk mengarahkan siswa pada tingkatan soal pecahan yang lebih kompleks. Hal ini dibenarkan oleh beberapa penelitian yang berpendapat bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kekeliruan dalam memahami simbol, memahami pembilang dan penyebut, salah perhitungan yang dikarenakan kesalahan melakukan langkah-langkah penyelesaian (Ilahiyah et al., 2019; Rasvani & Wulandari, 2021; Nasiruudin & Hayati, 2019). Adapun pendapat guru MTs, materi Pola Bilangan menjadi materi yang sulit bagi siswa MTs, karena sebagian besar dari mereka masih mengalami kesalahan dalam menentukan pola suku ke- $n$ , namun di satu sisi sangat aplikatif apabila dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, media pembelajaran yang dekat dengan siswa sangat dibutuhkan untuk materi tersebut (Disnawati & Nahak, 2019; Hidayah et al., 2020). Sedangkan pendapat guru MA, untuk memahami materi dimensi tiga dibutuhkan kemampuan penalaran matematika yang bagus, memahami konsep materi dan harus bisa memvisualisasikan bangun ruang (Marfu'ah et al., 2019; Novita et al., 2018; Suhady et al., 2019). Nyatanya media atau alat peraga yang menunjang penyampaian konsep dimensi tiga masih sangat terbatas. Beberapa pendapat tersebut menjadikan tolak ukur bahwa perlunya media pembelajaran yang menunjang ketiga materi tersebut.

Pembelajaran matematika menggunakan media teknologi berupa permainan atau yang lainnya dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Artuz & Roble, 2021; Chusni et al., 2021; Gros, 2007; Syahmani et al., 2020; Taylor et al., 2010). Selain itu pembelajaran matematika menggunakan permainan atau teknologi juga dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (Iswinarti & Suminar, 2019; Winkler et al., 2021). Kita ketahui bahwa kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah merupakan keterampilan yang harus dimiliki oleh siswa di era society 5.0 ini (Rasmuin & Widiani, 2021).

Beberapa penelitian tentang media teknologi pembelajaran matematika, kemampuan berpikir kritis, dan pemecahan masalah sudah banyak (Hermita et al., 2019; Maulani et al., 2020; Miatun & Khusna, 2020; Putranta et al., 2019; Rahmadita et al., 2021; Sari & Wutsqa, 2019). Akan tetapi penelitian-penelitian yang ada hanya mengimplementasikan media teknologi yang sudah ada tanpa mengembangkan sendiri, selain itu pengembangan media teknologi yang ada hanya terbatas untuk satu materi saja. Sedangkan media yang dikembangkan pada penelitian ini dikembangkan untuk beberapa materi matematika diantaranya operasi pada pecahan untuk jenjang MI, pola bilangan untuk jenjang MTs, dan dimensi tiga untuk jenjang MA. Pemilihan 3 materi ini didasarkan pada observasi pendahuluan dengan memberikan angket kepada beberapa guru matematika di jenjang MI, MTs, dan MA terkait dengan materi yang membutuhkan media dalam pembelajarannya, materi yang mendapatkan nilai paling rendah dalam hal kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalahnya (Simanjuntak & Sudibjo, 2019). Materi yang sulit membutuhkan dukungan media pembelajaran yang tepat dalam mengantarkan konsep matematik agar lebih efektif (Muhaimin & Juandi, 2023). Pentingnya untuk mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis teknologi dapat memberikan sumbangsih sebagai fasilitas dalam PJJ dan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Adapun tujuan penelitian ini yaitu: (1) mendeskripsikan desain pengembangan PHET dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah matematika siswa madrasah, (2) mengetahui kevalidan media PHET dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah matematika siswa, (3) mengetahui kepraktisan media PHET dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah matematika siswa, (4) mengetahui keefektifan media PHET dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah matematika siswa.

## METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan (*Research and Development*). Secara umum, penelitian pengembangan adalah aktivitas sistematis dengan tujuan meningkatkan pengetahuan yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifannya (Micholas, 2014). Fase

pengembangan yang digunakan mengikuti metode Sherwood-Rout, terdiri dari 6 fase pengembangan multimedia yaitu *initiation*, *specification*, *design*, *production*, *review and evaluation*, *delivery and implementation* seperti yang disajikan pada Gambar 1 (Sherwood & Rout, 1998). Metodologi Sherwood-Rout memfasilitasi peningkatan kualitas dan peningkatan efisiensi dalam organisasi yang terlibat, atau berniat untuk terlibat dalam spesifikasi, desain, produksi, evaluasi dan implementasi. Produk multimedia interaktif cocok untuk proses pengembangan berdasarkan analisis dan desain kolaboratif serta pembuatan *prototype* produk.

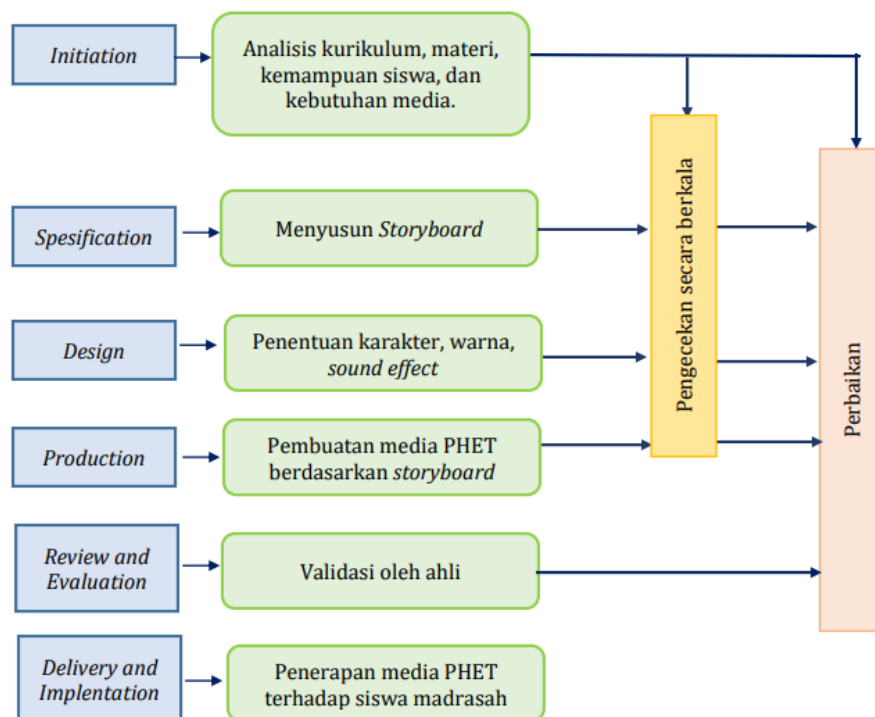
Berdasarkan Gambar 1, keenam fase tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. *Initiation*

Fase ini terfokus pada perencanaan hal-hal yang dibutuhkan untuk mengembangkan produk. Kegiatan yang perlu dilakukan yaitu berkomunikasi dengan klien untuk mengetahui produk yang akan dikembangkan (Permatasari et al., 2020). Oleh karena itu dilakukan observasi sekolah di MI Pucang Sidoarjo, MTs Sidoarjo, dan MA Sidoarjo Jawa Timur untuk menganalisis kurikulum sekolah, analisis materi, analisis kemampuan siswa, dan analisis kebutuhan siswa terhadap media pembelajaran.

b. *Specification*

Pada fase ini, menentukan spesifikasi rinci dari fungsi, persyaratan kinerja, konten dan tujuan media (Sherwood & Rout, 1998). Penentuan konten media dilakukan dengan membuat *storyboard* media untuk mempermudah penggambaran alur setiap *scene*. *Storyboard* adalah visualisasi ide/konsep dari media yang akan dikembangkan (Kunto et al., 2021).



Gambar 1. Model Sherwood and Rout dalam Pengembangan Media PHET

c. *Design*

Produk utama pada fase ini adalah dokumen desain dari produk yang dikembangkan. Kegiatan yang dilakukan adalah peneliti membuat desain tampilan setiap *side* (Permatasari et al., 2020). Latar belakang, *sound effect*, *item* dan karakter yang muncul pada media PHET sudah harus ditentukan. Pemilihan *item*, karakter, dan warna harus didasarkan pada hasil analisis kebutuhan siswa yang telah dilakukan di fase *Initiation*.

d. *Production*

Pada fase ini, dikembangkan animasi berdasar pada desain yang telah dibuat (Permatasari et al., 2020). Peneliti berkoordinasi dengan programmer untuk mengembangkan media PHET sesuai desain yang telah dibuat sebelumnya.

e. *Review and Evaluation*

Tahapan ini sebenarnya selalu ada pada setiap fase. Setiap selesai melakukan fase *initiation*, *specification*, dan *production*, sebaiknya selalu dilakukan pengecekan kembali sebelum melanjutkan ke fase berikutnya (Sherwood & Rout, 1998). Dalam penelitian ini, penilaian validator setelah media PHET dikembangkan juga menjadi pertimbangan perbaikan selain melakukan pengecekan pada setiap tahap.

f. *Delivery and Implementation*

Produk yang selesai dikembangkan kemudian diimplementasikan kepada siswa. Implementasi media PHET dilakukan melalui pembelajaran PBL dipadu PHET.

Subjek penelitian ini dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, dimana dipilih kelas V MI, kelas IX MTs, dan kelas XII MA. Proses pemilihan subjek diawali dengan penentuan tingkatan kelas pada setiap jenjang pendidikan. Penentuan tingkatan kelas dilakukan dengan memerhatikan bahwa materi yang telah dipilih sebelumnya (pecahan, pola bilangan, dimensi tiga) telah atau sedang terlaksana pada tingkatan kelas tersebut. Sehingga terpilih kelas V, IX, dan XII. Hasil pemilihan sampel secara acak menunjukkan bahwa sampel dalam penelitian ini adalah 36 siswa kelas V MI Sidoarjo, 27 siswa kelas IX MTs Sidoarjo, dan 30 siswa kelas XII MA Sidoarjo. Banyaknya sampel dalam penelitian dipengaruhi oleh adanya kebijakan bahwa selama masa pandemi jumlah siswa satu kelas hanya 50% dari jumlah seharusnya.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini terdiri dari teknik observasi, teknik wawancara, angket respon, serta teknik tes berpikir kritis dan pemecahan masalah. Teknik catatan lapangan digunakan untuk mencatat setiap tahapan pengembangan. Proses mencatat dilakukan segera setelah suatu tahapan dilakukan supaya informasi yang ditulis tidak bercampur dengan informasi lain. Teknik wawancara dilakukan mengungkap hal-hal yang tidak terjangkau pada teknik observasi. Teknik angket respon digunakan untuk mengukur kepraktisan media PHET dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Angket diberikan ke siswa dengan tujuan mengungkapkan tanggapan subjek penelitian terhadap media PHET ini. Sementara teknik tes berpikir kritis dan pemecahan masalah digunakan untuk mengukur apakah media pembelajaran yang dibuat telah mampu melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah atau mengungkap keefektifan media PHET.






Instrumen yang digunakan adalah lembar catatan lapangan, lembar pedoman wawancara, lembar validasi PHET, lembar angket respon, tes berpikir kritis, dan pemecahan masalah. Lembar catatan lapangan memuat tanggal kegiatan, lokasi kegiatan, pihak yang terlibat dan deskripsi kegiatan secara mendetail. Lembar pedoman wawancara terdiri dari 12 pertanyaan yang disesuaikan dengan indikator kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah seperti pada Tabel 1.

Untuk meyakinkan peneliti bahwa implementasi berhasil, penelitian ini menggunakan lembar angket respon pada siswa dengan jenis angket tertutup yang dirancang menggunakan skala Likert. Lembar angket respon berisi 15 pertanyaan yang digunakan untuk mengungkap respon siswa terhadap kepraktisan media PHET dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Pertanyaan tersebut dikelompokkan ke dalam beberapa aspek meliputi: (1) Senang, terdiri atas empat pertanyaan yang berkaitan dengan perasaan siswa selama dan setelah pembelajaran, (2) Mudah, terdiri dari empat pertanyaan yang berkaitan dengan penggunaan PHET, (3) Konten, terdiri atas lima pertanyaan yang berkaitan dengan penyampaian materi pada PBL dipadu PHET, dan (4) Hal baru, terdiri dari dua pertanyaan terkait inovasi yang muncul pada PBL yang dipadu dengan PHET.

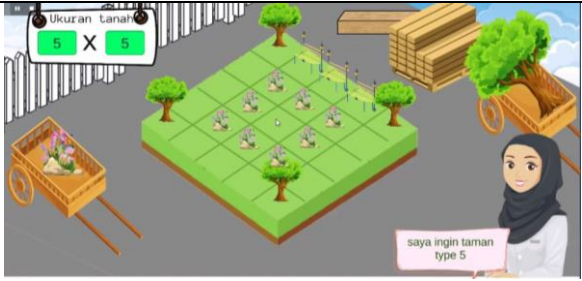

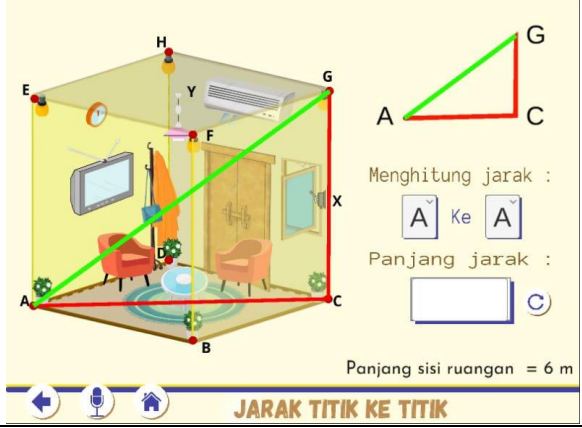
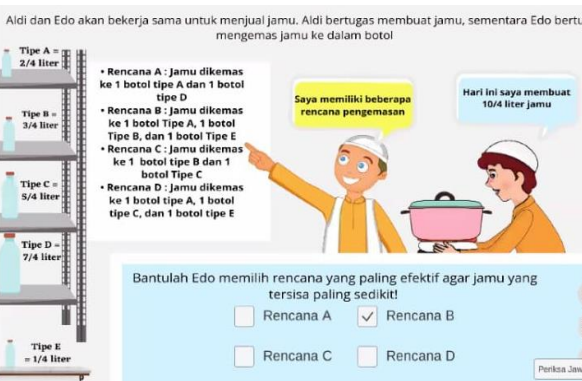
Instrumen tes berpikir kritis dan pemecahan masalah terdiri dari tiga pertanyaan uraian kompleks untuk masing-masing jenjang. Materi operasi pada bilangan pecahan untuk jenjang MI, materi pola bilangan untuk jenjang MTs dan materi dimensi tiga untuk jenjang MA. Lembar tes yang digunakan untuk mengukur variabel yang spesifik yaitu kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah sehingga peneliti mengembangkan instrumen tes. Pertanyaan yang digunakan telah disesuaikan dengan indikator kemampuan berpikir kritis matematis dan indikator kemampuan pemecahan masalah seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Tabel 1. Indikator Pemecahan Masalah dalam PHET

Tahapan Problem Solving	Indikator Kemampuan Problem Solving	Bagian PHET
<i>Read and think</i>	Menulis kembali informasi yang diketahui dan ditanya menggunakan pemahaman	
<i>Explore and plan</i>	Mendapatkan informasi yang membantu pemecahan masalah dengan bantuan diagram, grafik, atau tabel.	
<i>Select a strategy</i>	Menentukan langkah-langkah penyelesaian masalah	
<i>Find an answer</i>	Menemukan jawaban dari permasalahan yang dihadapi	
<i>Reflect and extend</i>	Melakukan peninjauan kembali langkah solusi yang telah dilakukan dan mencari hal menarik untuk dikembangkan.	

Tabel 2. Indikator Tes Kemampuan Berpikir Kritis dalam PHET

Indikator Berpikir Kritis	Keterangan	Bagian PHET
<i>Inference</i>	Kemampuan membedakan benar atau tidaknya informasi yang diperoleh	
<i>Recognition of Assumption Deduction</i>	Kemampuan mengenali asumsi diri sendiri terkait informasi yang diperoleh. Kemampuan memberikan alasan terkait ketidaksesuaian antara informasi yang diperoleh dengan asumsi.	
<i>Interpretation</i>	Kemampuan menimbang bukti penyangkalan terhadap informasi yang diberikan.	
<i>Evaluation of arguments</i>	Pemilihan argumen yang kuat dan relevan serta dapat dipertanggungjawabkan.	

Lembar tes berpikir kritis dan pemecahan masalah disusun dengan memperhatikan kisi-kisi kompetensi dasar yang sesuai dengan kurikulum yang berlaku pada Tabel 3. Disajikan kompetensi dasar dan indikator dalam menyusun butir soal.

Tabel 3. Kisi-kisi Tes Kemampuan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah

Jenjang Pendidikan	No. Soal	Kompetensi Dasar	Indikator Soal
MI	1.	3.1 Menjelaskan pecahan-pecahan senilai dengan gambar dan model konkret.	Disajikan tabel dan teks bacaan, siswa dapat menyelesaikan masalah kontekstual yang berkaitan dengan perkalian pecahan.
	2 dan 3.		Disajikan teks bacaan, siswa dapat menyelesaikan masalah kontekstual yang berkaitan dengan perkalian pecahan.
MTs	1.	3.1 Membuat generalisasi dari pola pada barisan bilangan dan barisan konfigurasi objek.	Disajikan tabel dan teks bacaan, siswa dapat menyelesaikan masalah kontekstual yang berkaitan dengan generalisasi persamaan dari suatu konfigurasi objek
	2.		Disajikan konfigurasi objek, siswa dapat menentukan suku selanjutnya
	3.		Disajikan teks bacaan dan konfigurasi objek, siswa dapat menentukan suku selanjutnya.
MA	1, 2, dan 3	3.1 Mendeskripsikan jarak dalam ruang (antar titik, titik ke garis, dan titik ke bidang).	Disajikan teks bacaan dan gambar, siswa dapat menentukan jarak dalam ruang.

Media PHET dan instrumen lain sebelum digunakan divalidasi terlebih dahulu oleh validator. Validasi yang dilakukan yaitu validasi media dan materi oleh 4 validator untuk masing-masing jenjang.

Media PHET yang dikembangkan selanjutnya dianalisis dengan menentukan nilai validitas produk dan materi media. dan kepraktisan media. Validitas produk media didasarkan 4 aspek yaitu tampilan, kebahasaan, animasi dan ilustrasi, serta rekayasa perangkat lunak dengan total 18 indikator/butir penilaian. Sedangkan validasi materi media didasarkan 4 aspek yaitu kualitas isi, penyajian media, kualitas soal, dan pembelajaran dengan total 17 indikator/butir penilaian. Adapun skor butir penilaiannya yaitu: skor 5 (sangat baik), skor 4 (baik), skor 3 (cukup), skor 2 (kurang baik), skor 1 (sangat kurang baik). Setiap validator dihitung rata-rata nilai keseluruhannya dan selanjutnya menentukan rata-rata untuk semua validator. Rata-rata nilai dari semua validator selanjutnya dikategorikan sesuai dengan kriteria validitas produk dan materi pengembangan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kriteria validitas produk dan materi pengembangan

Interval skor	Kriteria
$\bar{X} > 3,25$	Sangat Valid
$2,5 < \bar{X} \leq 3,25$	Valid
$1,75 < \bar{X} \leq 2,5$	Kurang Valid
$\bar{X} \leq 1,75$	Sangat Kurang Valid

Analisis kepraktisan media ditentukan berdasarkan analisis dari data angket respon siswa. Penilaian lembar angket respon didasarkan pada 4 aspek yaitu senang, mudah, konten, dan hal baru dengan total 15 pernyataan. Adapun skor butir penilaiannya yaitu: skor 4 (sangat setuju), skor 3 (setuju), skor 2 (tidak setuju), skor 1 (sangat tidak setuju). Selanjutnya data respon siswa dikategorikan berdasarkan Tabel 5 kualifikasi berikut.

Tabel 5. Kriteria validitas produk dan materi pengembangan

Persentase Kelayakan (%)	Kriteria	Keterangan
$P \leq 20$	Tidak Praktis	Revisi
$20 < P \leq 40$	Kurang Praktis	Revisi
$40 < P \leq 60$	Cukup Praktis	Revisi Kecil



Persentase Kelayakan (%)	Kriteria	Keterangan
$60 < P \leq 80$	Praktis	Tidak Perlu Revisi
$P > 80$	Sangat Praktis	Tidak Perlu Revisi

Analisis lembar wawancara dilakukan dengan mereduksi data, penyusunan data, dan penarikan kesimpulan. Pereduksian data dilakukan dengan memilah data yang sesuai dengan fase pengembangan media PHET dan selanjutnya di deskripsikan sehingga didapatkan penjelasan secara menyeluruh dan terfokus pada setiap fase.

Penilaian validasi tes kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah didasarkan 3 aspek yaitu materi, konstruksi, dan bahasa dengan total 7 indikator. Adapun dalam mengukur nilai validitas tes kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah menggunakan rumus Aiken V. Sedangkan mengukur reliabilitas menggunakan Alpha Cronbach dengan taraf signifikansi  $\alpha = 0.05$  dan kriteria pengujiannya adalah Jika  $r_{hitung} > r_{tabel}$  maka instrumen dinyatakan andal (reliabel). Instrumen yang digunakan efektif apabila telah memenuhi valid dan reliabel serta mampu di terapkan dalam proses belajar sesuai dengan tujuan pembelajaran.

Selanjutnya, data hasil tes dianalisis berdasarkan pedoman penskoran kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dengan kategori penskoran seperti yang disajikan pada Tabel 6 mengadaptasi (Fatmawati et al., 2014) penilaian terhadap berpikir kritis mengacu pada pemenuhan tiap indikator.

Tabel 6. Kategori penskoran tes kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah

Kategori	Keterangan	Skor
T	Terpenuhi	1
CT	Cukup Terpenuhi	2
TT	Tidak Terpenuhi	3

Selanjutnya menentukan nilai yang diperoleh untuk setiap indikator menggunakan rumus sebagai berikut: (Istikomah & Jana, 2019; Seventika et al., 2018). Setelah didapatkan nilai, selanjutnya mengkategorikan nilai yang diperoleh dalam kategori kemampuan Berpikir kritis dan Pemecahan masalah yang disajikan pada Tabel 7. (Istikomah & Jana, 2019; Seventika et al., 2018). Analisis keefektifan pembelajaran diukur menggunakan tes kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang telah memenuhi kriteria valid, reliabel, dan kategori kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalahnya pada tingkat minimal sedang. Tahap terakhir pada teknik analisis yaitu menarik simpulan berdasarkan dari hasil analisis data tersebut.

Tabel 7. Kategori kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah

Nilai yang diperoleh	Kategori	
	Kemampuan Berpikir Kritis	Kemampuan Pemecahan Masalah
$75 < N \leq 100$	Baik	Tinggi
$60 < N \leq 75$	Sedang	Sedang
$0 < N \leq 60$	Kurang	Rendah

## HASIL PENELITIAN

Hasil dari penelitian dan pengembangan ini adalah sebuah media pembelajaran *Play mathEmatics with Technology* (PHET) untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Tahapan/fase pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah enam fase pengembangan meliputi *initiation, specification, design, production, review and evaluation, dan delivery and implementation* (Sherwood & Rout, 1998). Setiap fase dalam penelitian ini dideskripsikan sebagai berikut:

### Initiation Phase

Pada fase ini dilakukan beberapa kegiatan meliputi analisis kurikulum, analisis materi, analisis kemampuan siswa, dan analisis kebutuhan media yang melibatkan wawancara bersama guru matematika di masing-masing sekolah. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan informasi bahwa kurikulum yang diterapkan di MI Sidoarjo, MTs Sidoarjo, dan MA Sidoarjo adalah kurikulum 2013, sehingga media PHET dibuat mengacu pada kurikulum tersebut. Analisis materi dan kemampuan matematika siswa dilakukan dengan melakukan observasi dan dokumentasi nilai

matematika di masing-masing jenjang, kemudian berdiskusi dengan guru matematika di masing-masing jenjang. Pembelajaran matematika di 3 sekolah tersebut membutuhkan variasi agar siswa lebih mampu menerima informasi matematika yang esensial. Sementara kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa masih tergolong rendah khususnya pada materi pecahan di jenjang MI, pola bilangan di jenjang MTs dan dimensi tiga di jenjang MA, terutama ketika dihadapkan dengan masalah kontekstual yang melibatkan teks bacaan. pada materi memperoleh nilai matematika yang rendah dibandingkan dengan materi matematika yang lain. Kendala pembelajaran jarak jauh yaitu kurangnya penerapan media pembelajaran dalam proses belajar mengajar, hal ini dikarenakan mengingat keterbatasan kuota dan perangkat yang dimiliki siswa. Lain hal dengan pembelajaran tatap muka yang dilakukan sebelum masa pandemi, pada masa tersebut penerapan media pembelajaran konvensional maupun multimedia beberapa kali diterapkan. Oleh karena itu, dibutuhkan media pembelajaran yang mudah untuk diterapkan dengan tujuan dapat menciptakan suasana belajar yang lebih menyenangkan.

**Spesification Phase**

Fase ini diawali dengan penentuan tujuan media PHET yang dibuat yaitu untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Oleh karena itu, konten media PHET dirancang dengan memperhatikan indikator kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Pembangunan konten media dilakukan melalui penyusunan *storyboard*. Hal ini bertujuan mempermudah visualisasi ide/konsep terkait alur media yang akan dikembangkan. Terdapat 6 komponen utama yang harus ada dalam storyboard media non linear yang dapat digunakan seluruhnya atau sebagian saja tergantung kepada kebutuhan pengembangan (Kunto et al., 2021). Sehingga storyboard yang dibuat memuat 4 komponen utama yang meliputi nomor scene, isi scene (*image, visual dan keterangan*), suara (*sound effect*), dan interaksi pengguna (*link scene*) seperti yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Cupilkan *storyboard* media PHET

Scene	Visual	Image	Sound Effect	Link Scene	Keterangan
1 Halaman pembuka	Nama materi pembelajaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gambar untuk setiap button</li> <li>Gambar yang mewakili setiap submateri</li> </ul>	Efek suara saat melakukan klik button	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pilih peran menentukan suku selanjutnya</li> <li>Pilih objek menentukan pola ke-<i>n</i></li> <li>Memecahkan masalah</li> </ul>	Berisi materi dan submateri pembelajaran
2 Pilih peran menentukan suku selanjutnya	Keterangan penjelas mengenai setiap peran yang akan dipilih	Gambar penjual jamu, penjual kue, dan tukang kebun	Efek suara saat melakukan klik button	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cara bermain penjual jamu</li> <li>Cara bermain penjual kue</li> <li>Cara bermain tukang kebun</li> </ul>	Menyajikan peran yang dapat dipilih terkait materi menentukan suku selanjutnya
3 Cara bermain penjual jamu	Cara bermain peran seorang penjual jamu	Gambar perempuan atau laki-laki muslim sebagai pemandu <i>game</i>	Efek suara saat melakukan klik button	<ul style="list-style-type: none"> <li>Halaman pembuka</li> <li>Pilih peran menentukan suku selanjutnya</li> <li>Arena permainan peran penjual jamu</li> </ul>	Berisi penjelasan cara bermain dengan mendetail

Alur setiap *scene* dibuat semudah mungkin dengan mempertimbangkan bahwa media ini dapat diakses siswa tanpa perlu bimbingan guru. Permasalahan dan *game* yang disajikan pada media PHET disusun secara kontekstual agar memudahkan siswa menyelesaikan masalah cerita atau masalah dalam dunia nyata yang akan mereka hadapi. Pemilihan masalah kontekstual juga dilatarbelakangi oleh rendahnya kemampuan siswa dalam menyelesaikan jenis permasalahan tersebut, seperti informasi yang didapatkan dari hasil wawancara pada fase *initiation*.

### Design Phase

Penentuan karakter, objek yang mendukung, dan warna diadopsi dari aplikasi *canva* dan *pinterest*. Pemilihan karakter dan warna disesuaikan dengan jenjang pendidikan siswa yaitu pada jenjang MI mengadopsi karakter anak-anak muslim yang lucu serta pemilihan warna-warna yang cerah sehingga siswa akan merasa seperti sedang bermain dengan temannya. Pada jenjang MTs, dipilih karakter remaja-dewasa muslim yang terlihat ramah dan pemilihan warna yang tidak mencolok. Oleh karenanya, media PHET didesain menggunakan kombinasi dari tiga warna yaitu biru, ungu dan coklat. Pada jenjang MA, sedikit menggunakan karakter manusia dan pemilihan warna yang *soft*, hal ini dikarenakan siswa MA sudah sering bermain *game*. Setiap karakter, objek, dan warna yang telah terpilih kemudian disusun menjadi suatu tampilan *scene* yang selanjutnya akan disebut kerangka desain seperti pada Gambar 2. Hal ini dilakukan agar memudahkan komunikasi peneliti dengan *programmer* sehingga meminimalisir kesalahpahaman terkait desain media PHET.



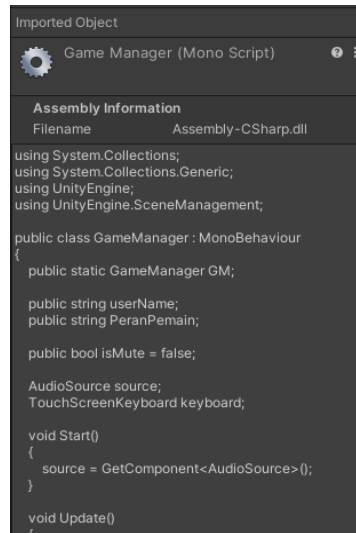
Gambar 2. Cuplikan warna, karakter, dan objek terpilih untuk jenjang MTs

### Production Phase

Pada fase *production*, kegiatan sebagian besar dilakukan oleh programmer sesuai arahan *designer* pada *storyboard* dan kerangka desain. Keterlibatan pihak ahli diperlukan agar media PHET yang dihasilkan dapat maksimal. Produksi media PHET dilakukan menggunakan aplikasi Unity. Pemilihan aplikasi tersebut dianggap *programmer* merupakan aplikasi paling mudah dan sesuai dengan harapan peneliti yaitu menghubungkan media PHET yang telah dibuat ke dalam website. Proses produksi media PHET dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

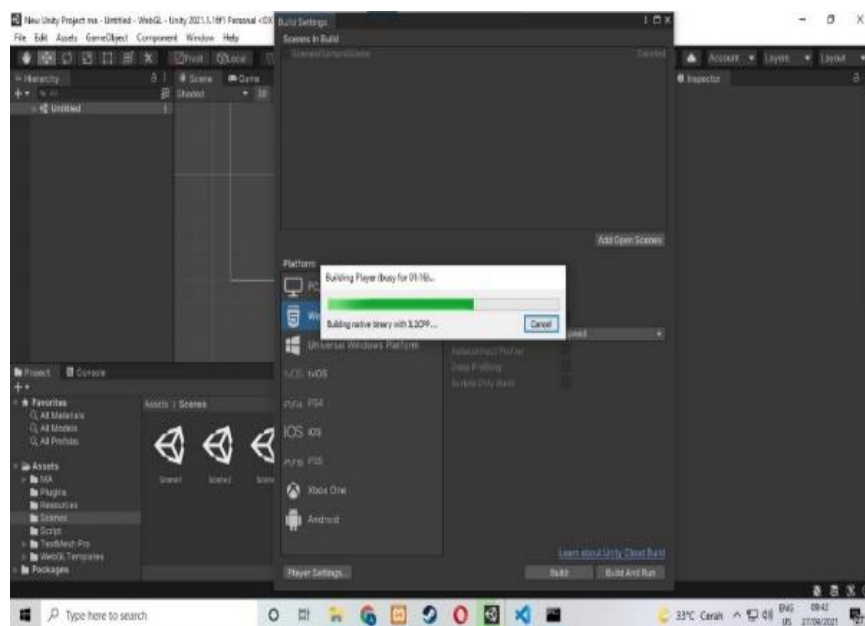
- Menambahkan *file scene* yang digunakan sebagai tempat menyajikan seluruh komponen yang terlibat dari satu scene terkait. Penambahan scene dilakukan satu per satu hingga keseluruhan scene terselesaikan. Baru kemudian ditambahkan scene berikutnya seperti yang disajikan pada
- Mendefinisikan camera, *camera* yang dimaksud adalah *view* pengguna terhadap media PHET.
- Mendesain *User Interface* (UI). Pada tahap ini, mulai dilakukan *import background* dan *object*. Serta dilakukan pemberian label. Kemudian dilakukan penyesuaian tata letak seperti kerangka desain yang telah disiapkan

- d. Menambahkan file *script*. File *script* berisi algoritma sehingga logika permainan dapat berjalan. Salah satu *file script* pada media PHET ditampilkan pada Gambar 3. Kemudian dilakukan pengecekan apakah *file script* yang telah dimasukkan dapat berjalan seperti seharusnya. Kegiatan ini dilakukan setiap menyelesaikan satu *scene*.



Gambar 3. Proses penambahan *file script*

- e. Jika seluruh *scene* telah selesai dibuat, maka dilakukan *build* aplikasi ke WebGL yang merupakan pemrograman *Javascript API* gratis untuk grafis 2D atau 3D. Teknologi ini memungkinkan implemetasi aplikasi ke dalam sebuah web browser tanpa plugin (Yao et al., 2020; Yuan et al., 2017; Zhang et al., 2018). Sehingga media PHET dapat diakses pada google drive [https://drive.google.com/file/d/1b3KJnJ9nbnVtEmgg2-dNhKYFFaf6Nh2/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1b3KJnJ9nbnVtEmgg2-dNhKYFFaf6Nh2/view?usp=drive_link). WebGL merupakan aplikasi pemrograman Javascript Proses build media PHET disajikan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses *build* media PHET

**Review and Evaluation**

Setelah media PHET berhasil diproduksi, fase selanjutnya yaitu validasi oleh para ahli. Tujuan dari fase ini adalah didapatkannya media PHET yang valid. Adapun hal-hal yang divalidasi meliputi materi, media dan Bahasa pada media. Oleh karenanya, proses validasi melibatkan 4 orang untuk setiap jenjang yang terdiri dari 2 dosen pakar media pembelajaran dan materi matematika yang memvalidasi untuk semua jenjang, 1 pakar dan pelopor media pembelajaran berbasis film yang memvalidasi untuk semua jenjang, 1 guru matematika MI, 1 guru matematika MTs, dan 1 guru matematika MA. Alasan pemilihan komposisi validator yakni 2 dosen ahli, 1 pakar dan pelopor media pembelajaran berbasis film, dan 1 guru matematika yakni berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan oleh (Laksmiwati & Retnowati, 2019) dan (Yulistiyarini & Mahmudi, 2015).

Adapun rata-rata nilai kevalidan media PHET disajikan pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Rata-rata nilai validasi dari validator dan kategori kevalidan

Jenjang	Rata-rata nilai				Rata-rata nilai seluruh validator	kategori
	Validator 1	Validator 2	Validator 3	Validator 4		
MI	4,22	4,70	4	3,9	4,205	Sangat valid
MTs	4,66	4,70	4,47	4,16	4,49	Sangat valid
MA	4,94	4,70	4,1	3,9	4,41	Sangat valid

Berdasarkan Tabel 9 maka media PHET ini sangat valid. Adapun komentar dan masukan yang diberikan oleh masing-masing validator disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Komentar dan Masukan Validator serta Perbaikan yang Dilakukan

Jenjang Pendidikan	Saran	Hasil Perbaikan
MI	Warna yang digunakan kurang cerah untuk ukuran anak MI	Dilakukan perubahan warna menjadi warna-warna dasar.



Dalam satu scene terlalu banyak jenis font berbeda.

Hanya ada dua jenis font dalam satu scene.





Jenjang Pendidikan	Saran	Hasil Perbaikan
MTs	Diberikan tombol <i>refresh</i> pada setiap <i>scene</i>	Ditambahkan tombol <i>refresh</i> untuk memulai ulang game di setiap <i>scene</i> .



MA	Kotak yang menunjukkan panjang segitiga harus dimunculkan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimunculkan kotak putih yang sebelumnya <i>error</i>.</li> <li>• Kolom panjang jarak dihapus. Indikator keberhasilan ketika siswa menyelesaikan segitiga.</li> </ul>
----	---	---



### Delivery and Implementation

Produk akhir media PHET yang telah direvisi, diterapkan pada siswa kelas V MI Muslimat NU Pucang, kelas IX MTs Negeri 1 Sidoarjo, dan kelas XII MA Bilingual Muslimat NU Sidoarjo selama 40 menit. Siswa diarahkan mengakses media PHET melalui *smartphone* maupun laptop. Eksplorasi media dibebaskan kepada siswa tanpa ada panduan, sehingga siswa mencari tahu sendiri cara kerja media PHET. Hambatan yang ditemui pada penerapan media PHET adalah keterbatasan jaringan internet, sebab jaringan wifi di sekolah tidak dapat diakses secara bebas oleh siswa.

Setelah memainkan media PHET, siswa diberi angket respon untuk mengetahui bagaimana perasaan siswa setelah memainkan media PHET. Pengisian angket dilaksanakan dalam waktu 10 menit. Hasil analisis angket respon siswa MI didapatkan prosentase sangat setuju 60 % dan setuju 37% sehingga didapatkan total prosentase sangat setuju dan setuju adalah 97%. Hal ini menunjukkan bahwa media PHET ini menyenangkan, mudah dimainkan, kontennya menarik dan hal baru. Jadi media PHET ini dikatakan sangat praktis dan tidak perlu dilakukan revisi. Tidak jauh berbeda, pada hasil analisis angket respon siswa MTs didapatkan prosentase sangat setuju 63 % dan setuju 37% sehingga didapatkan total prosentase sangat setuju dan setuju adalah 100%. Hal ini menunjukkan bahwa media PHET ini menyenangkan, mudah dimainkan, kontennya menarik dan hal baru. Jadi media PHET ini dikatakan sangat praktis dan tidak perlu dilakukan revisi. Sementara pada siswa MA didapatkan prosentase sangat setuju 18 % dan setuju 66% sehingga didapatkan total prosentase sangat setuju dan setuju adalah 84%. Hal ini menunjukkan bahwa media PHET ini menyenangkan, mudah dimainkan, kontennya menarik dan hal baru. Jadi media PHET ini dikatakan sangat praktis dan tidak perlu dilakukan revisi.

Adapun untuk menentukan keefektifan media PHET ini dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dilihat dari data tes berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah. Hasil validasi tes berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah menggunakan rumus Aiken didapatkan untuk jenjang MI nilai validitasnya antara 0,786 sampai 0,893 dengan rata-rata sebesar 0,827, sedangkan untuk jenjang MTs nilai validitasnya antara 0,679 sampai 0,929 dengan rata-rata sebesar 0,786. Artinya bahwa item pertanyaan pada tes berpikir kritis dan pemecahan masalah tersebut termasuk kategori valid. Selanjutnya hasil validasi angket respon siswa dengan menggunakan rumus Aiken didapatkan nilai validitasnya 0,55 sampai 0,74 dengan rata-rata sebesar 0,67, artinya bahwa item pertanyaan pada angket tersebut dinyatakan valid. Sedangkan hasil uji reliabilitas tes berpikir kritis matematis dan kemampuan pemecahan masalah untuk jenjang MI menggunakan Alpha Cronbach's yaitu sebesar 0,66 dan untuk jenjang MTs sebesar 0,69. Sementara hasil uji reliabilitas terhadap angket respon siswa sebesar 0,86. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen tersebut dinyatakan reliabel atau konsisten.

Pengerjaan tes kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dilaksanakan setelah siswa mengisi angket respon. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah media PHET yang diterapkan dapat melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Hasil kategorisasi rata-rata skor siswa pada tes kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Kategori kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa

Kemampuan	Jenjang	Rata-rata skor seluruh subjek penelitian	Kategori
Berpikir Kritis	MI	80,71	Baik
	MTs	77,14	Baik
	MA	71,43	Sedang
Pemecahan Masalah	MI	83,57	Tinggi
	MTs	70,00	Sedang
	MA	76,43	Tinggi

Berdasarkan Tabel 9, ditemukan bahwa dari kategori siswa dalam menyelesaikan tes kemampuan berpikir kritis termasuk pada jenjang MI memenuhi indikator berpikir kritis *inference, recognition of assumption deduction, interpretation dan evaluation of arguments* serta memenuhi indikator problem solving meliputi *read and think, explore and plan, select a strategy, find an answer, reflect and extend* dengan kata lain memenuhi semua indikator yang diberikan. Pada jenjang MTs memenuhi indikator berpikir kritis *inference, recognition of assumption deduction, interpretation dan evaluation of arguments* serta memenuhi indikator problem solving meliputi *read and think, explore, select a strategy, find an answer* dengan kata lain siswa MTs tidak memenuhi satu indikator pada pemecahan masalah. Pada jenjang MA memenuhi indikator berpikir kritis *inference, recognition of assumption deduction dan evaluation of arguments* serta memenuhi indikator problem solving meliputi *read and think, explore and plan, select a strategy, find an answer, reflect and extend* disimpulkan siswa MA tidak mampu memenuhi satu indikator pada berpikir kritis. Berdasarkan hasil tes di atas menunjukkan bahwa media pembelajaran PHET yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dan dikatakan efektif.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan paparan hasil penelitian dan pengembangan media PHET, proses pengembangan media PHET dilakukan melalui 6 fase. Pada *initiation phase*, dilakukan melalui observasi dan wawancara bersama guru dengan pertimbangan bahwa guru berperan penting dalam memperoleh data ketika mengembangkan media pembelajaran (Dwijayani, 2019). Fase ini diawali dengan analisis kurikulum untuk mengetahui Kompetensi Dasar (KD) yang digunakan pada suatu sekolah (Chahyanti et al., 2022; Hastuti & Mawaddah, 2022). Pengetahuan terkait kurikulum yang diterapkan juga memudahkan pemilihan materi yang sesuai dengan pembelajaran di sekolah. Pemilihan materi pola bilangan sebagai materi pada media PHET, sejalan dengan pernyataan Arigawati & Kusnandi, (2021); Iswara et al., (2021) yang menyatakan bahwa siswa memiliki kemampuan berpikir kritis yang masih rendah dan medium pada materi pola bilangan. Terutama ketika dihadapkan dengan masalah kontekstual yang

melibatkan teks bacaan, sesuai dengan temuan dari hasil analisis kemampuan siswa. Perancangan media PHET yang mudah untuk diterapkan sesuai dengan kebutuhan siswa bertujuan untuk menciptakan suasana belajar yang lebih menyenangkan. Siswa yang merasa antusias dan tertarik terhadap pembelajaran juga akan memiliki ketertarikan yang sama dalam membaca dan menyelesaikan permasalahan (Azmidar et al., 2017). Selain itu, (Budiarti & Harlis, 2020; Lin et al., 2020; Suyatna et al., 2018) menyatakan bahwa media pembelajaran yang mudah dioperasikan sekalipun oleh pengguna baru, dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kritis matematis.

Pada *specification phase*, penyusunan *storyboard* menjadi poin utama yang harus dilakukan untuk memberikan gambaran visual secara garis besar terkait media pembelajaran yang akan dibuat (Yuliarni et al., 2019). Selain penggambaran alur media PHET, juga perlu dilakukan penggambaran konten media utamanya pada permasalahan yang disajikan harus diperhitungkan cara penyajiannya sehingga dapat melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Masalah dalam media PHET merupakan masalah kontekstual yang memungkinkan siswa menyatakan kembali informasi yang disajikan dengan caranya sendiri dan memungkinkan siswa menemukan hal menarik untuk dikembangkan sesuai dengan indikator kemampuan pemecahan masalah *heuristik* yang disampaikan Krulik & Rudnick, (1989) yaitu (1) *Read and think*, (2) *Explore and plan*, (3) *Select a strategy*, (4) *Find an answer*, dan (4) *Reflect and extend*. Pemilihan indikator *heuristik* dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa siswa mengalami peningkatan kemampuan pemecahan masalah setelah menggunakan pendekatan *heuristik* (Hoon et al., 2013).

Pada fase *design*, pemilihan warna dalam suatu media pembelajaran perlu diperhatikan sebab pemberian warna tertentu dapat meningkatkan perhatian siswa pada informasi tertentu (Chang et al., 2018). Sebagai contoh, pemilihan warna biru dapat meningkatkan kemungkinan bahwa informasi yang disampaikan akan diingat siswa (Kumi et al., 2013). Warna-warna yang hangat seperti coklat dinilai aktif menstimulus siswa dalam proses belajar (Kumi et al., 2013; Plass et al., 2014). Sementara warna-warna seperti biru, ungu, dan merah muda menimbulkan perasaan relaks dan ketenangan (Kumi et al., 2013). Oleh karenanya, media PHET didesain menggunakan kombinasi warna-warna cerah untuk jenjang MI, tiga warna yaitu biru, ungu dan coklat untuk jenjang MTs dan warna-warna soft untuk jenjang MA berdasarkan pertimbangan emosi siswa di jenjang masing-masing. Selain itu, hasil analisis kebutuhan media yang menyatakan bahwa siswa memerlukan media pembelajaran yang memudahkan menjadi faktor utama dengan tujuan agar siswa mendapatkan kemudahan dalam mengingat informasi. Pemilihan karakter juga harus dilakukan berdasarkan pertimbangan bahwa media PHET ditujukan terhadap siswa, maka pemilihan karakter anak-anak muslim yang lucu untuk jenjang MI, karakter remaja dan dewasa muslim untuk jenjang MTs dan karakter dewasa muslim untuk jenjang MA. Hal ini dikarenakan karakter-karakter muslim dinilai sesuai dengan identitas siswa madrasah. Tindakan tersebut berkiblat pada pernyataan Andini & Yuniarta (2018) bahwa penggunaan bentuk dan warna yang sesuai karakteristik siswa akan membuat siswa lebih tertarik untuk memahami materi pembelajaran.

Pada fase *production*, pembuatan media PHET menggunakan aplikasi *Unity* berdasarkan pertimbangan bahwa media PHET merupakan media pembelajaran berbasis website yang dapat diakses melalui *smartphone* maupun PC. Maka aplikasi yang digunakan untuk mengembangkan media PHET adalah aplikasi *Unity*. Hasil produksi awal media PHET kemudian divalidasi oleh 4 orang validator ahli media pada fase *review and Evaluation* untuk setiap jenjang MI, MTs, dan MA. Rata-rata nilai validator pada setiap jenjang lebih dari 3,25 sehingga dikategorikan sangat valid.

Pada fase *delivery and implementation*, media PHET yang telah direvisi diterapkan kepada siswa dapat memberikan pembelajaran yang menyenangkan serta memuat konten yang menarik dan baru. Penerapan pada masing-masing jenjang MI, MTs, dan MA mendapatkan total prosentase lebih dari 80% sehingga dapat dikategorikan sangat praktis. Sejalan dengan pernyataan Susanti et al., (2022) bahwa penggunaan *website* dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan perasaan senang siswa hingga mencapai prosentase 81%. Selain itu, penerapan media PHET juga efektif dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah pada kategori sedang, baik, dan tinggi. Sejalan dengan pengembangan media pembelajaran dan *game android* oleh Agata et al., (2021); Arliza et al., (2019); Hermawan & Arifin, (2015); Rahmayanti et al., (2020) yang juga menggunakan aplikasi *Unity*. Hasil produksi awal media PHET kemudian divalidasi pada 5 orang validator ahli media pada fase *review and Evaluation* untuk didapatkan media PHET yang valid.

Pada fase *delivery and implementation*, media PHET yang telah direvisi diterapkan kepada siswa dapat meningkatkan ketertarikan siswa terhadap pembelajaran karena terciptanya suasana belajar yang lebih

menyenangkan. Sejalan dengan pernyataan [Susanti et al., \(2022\)](#) bahwa penggunaan *website* dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan daya tarik dan rasa ingin tahu siswa terhadap suatu pembelajaran. Selain itu, penerapan media PHET juga dapat melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Sejalan dengan penelitian [Wardani et al., \(2017\)](#); [Yang, \(2012\)](#) yang menemukan bahwa media pembelajaran berbasis game memberikan pengaruh positif pada kemampuan menyelesaikan masalah dan berpikir kritis.

Beberapa penelitian menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa berada pada kategori rendah dan belum optimal ([Basri et al., 2019](#); [Bustami et al., 2019](#); [Maulnya et al., 2019](#)). Akan tetapi kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dapat meningkat dengan bantuan media berbentuk media permainan ([Iswinarti & Suminar, 2019](#); [Nizaruddin et al., 2017](#)). Sehingga pembelajaran matematika dapat menggunakan media online melalui pendekatan permainan sebagai pilihan dalam pembelajaran di abad 21 dan menjadikan pembelajaran matematika menyenangkan ([Diah et al., 2010](#); [Patahuddin & Rokhim, 2013](#)).

### SIMPULAN

Penelitian pengembangan ini menghasilkan media PHET berbasis *website* yang memuat materi pecahan, bilangan, dan dimensi tiga untuk jenjang MI, MTs, dan MA sedikit berbeda dengan media lain. Grafis pada media PHET disajikan dengan karakter-karakter dengan nuansa Islami, penyajian materi juga disajikan dengan memberikan kebebasan siswa untuk mengeksplor suatu situasi atau masalah sehingga siswa dapat membangun sendiri pemahamannya dan menemukan sendiri pemecahan masalahnya. Kendati demikian, penyajian grafis yang masih 2D memberikan keterbatasan siswa dalam mengeksplor media PHET terlebih pada materi dimensi tiga. Penggunaan grafis 2D dibandingkan 3D dikarenakan keterbatasan waktu dan biaya yang peneliti miliki.

Pengembangan media PHET dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dilakukan dengan tahapan: (a) Menyesuaikan dengan kurikulum yang berlaku yaitu kurikulum 2013, memilih materi dimana kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa masih rendah yaitu materi pecahan, pola bilangan, dimensi tiga, serta menganalisis sejauh mana kemampuan siswa, dan membuat media PHET mudah untuk dioperasikan, (b) Menyusun *storyboard*, (c) Memilih karakter yang sesuai dengan karakteristik siswa di setiap jenjang, warna yang dapat meningkatkan semangat belajar, dan *sound effect*, (d) Pembuatan media PHET dengan *Unity*, (e) Penilaian oleh validator yang menyatakan bahwa media PHET dan instrumen valid, dan (f) Implementasi media untuk kelas V MI, kelas IX MTs, dan kelas XII MA didapatkan jika media PHET praktis dalam melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Penerapan media PHET terhadap siswa juga dikatakan efektif karena dapat melatih kemampuan berpikir kritis dengan hasil tes yang menunjukkan kategori sedang dan baik, sedangkan pemecahan masalah dengan hasil tes yang menunjukkan kategori sedang dan tinggi.

Adapun saran dari peneliti antara lain: (1) Untuk peneliti selanjutnya, implementasi media PHET perlu dilakukan secara berulang-ulang setidaknya minimal 3 kali mulai dari pengenalan bagian-bagian PhET hingga ke tahap pelaksanaan. Tujuannya agar siswa dan guru terbiasa dengan fitur-fitur yang ada pada media PHET, (2) Untuk guru, madrasah atau sekolah perlu ditunjang dengan fasilitas internet yang bagus. Selain itu, madrasah atau sekolah juga perlu menyiapkan perangkat laptop atau komputer yang memadai agar tidak terjadi kendala dalam pelaksanaan pembelajaran.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agata, D., Yuniarti, H., & Adison, A. A. P. (2021). Android based english learning media and quiz using augmented reality. *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Social Science (ICAST-SS 2020)*, 544, 15–21. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210424.004>
- Andini, M., & Yuniarta, T. N. H. (2018). The development of borad game “the adventure of algebra” in the senior high school mathematics learning. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(2), 95–109. <https://doi.org/10.24042/ajpm.v9i2.3424>
- Arigawati, N. H., & Kusnandi, K. (2021). Students critical thinking reviewed from field-dependent and field-independent on number pattern material. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, 5(1), 236. <https://doi.org/10.31764/jtam.v5i1.3923>

- Arliza, R., Yani, A., & Setiawan, I. (2019). Development of interactive learning media based on android education geography. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012023>
- Artuz, J. K. A., & Roble, D. B. (2021). Developing students' critical thinking skills in mathematics using online-process oriented guided inquiry learning (O-POGIL). *American Journal of Educational Research*, 9(7), 404–409. <https://doi.org/10.12691/education-9-7-2>
- Astra, I. M., Nasbey, H., & Nugraha, A. (2015). Development of an android application in the form of a simulation lab as learning media for senior high school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 1081–1088. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1376a>
- Azmidar, A., Darhim, D., & Dahlah, J.. (2017). Enhancing students' interest through mathematics learning enhancing students' interest through mathematics learning. *International Conference on Mathematics and Science Education (ICMScE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012072>
- Basri, H., Purwanto, As'ari, A. R., & Sisworo. (2019). Investigating critical thinking skill of junior high school in solving mathematical problem. *International Journal of Instruction*, 12(3), 745–758. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12345a>
- Budiarti, R. S., & Harlis, D. N. (2020). High order thinking skills for biology education: applied microbiology learning videos based on Jambi local wisdom. *Universal Journal of Educational Research*, 8(2), 689–694. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080242>
- Bustami, Y., SUarsini, E., & Ibrohim. (2019). Profil keterampilan berpikir kritis mahasiswa dalam perkuliahan zoologi. *Jurnal Bioedukatika*, 7(1), 59–66. <http://journal.uad.ac.id/index.php/BIOEDUKATIKA/article/view/5332/3110>
- Chahyanti, V. E., Kamid, & Anggereini, E. (2022). Pengembangan LKPD berbasis pendekatan RME pada materi segiempat untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(4), 2815–2825. <https://doi.org/https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i4.4337>
- Chang, B., Xu, R., & Watt, T. R. (2018). The impact of colors on learning. *Adult Education Research Conference*, 1–6. <https://newprairiepress.org/cgi/viewcontent.cgi?article=4001&context=aerc>
- Chusni, M. M., Saputro, S., Rahardjo, S. B., & Suranto. (2021). Student's critical thinking skills through discovery learning model using e-learning on environmental change subject matter. *European Journal of Educational Research*, 10(3), 1123–1135. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.3.1123>
- Diah, N. M., Ehsan, K. M., & Ismail, M. (2010). Discover mathematics on mobile devices using gaming approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 8(5), 670–677. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.093>
- Disnawati, H., & Nahak, S. (2019). Pengembangan lembar kerja siswa berbasis etnomatematika tenun timor pada materi pola bilangan. *Jurnal Elemen*, 5(1), 64. <https://doi.org/10.29408/jel.v5i1.1022>
- Dwijayani, N. M. (2019). Development of circle learning media to improve student learning outcomes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022099>
- Dwyer, C. P., Hogan, M. J., & Stewart, I. (2014). An integrated critical thinking framework for the 21st century. *Thinking Skills and Creativity*, 12, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2013.12.004>
- Elmunyah, H., Hidayat, W. N., & Asfani, K. (2019). Interactive learning media innovation: utilization of augmented reality and pop-up book to improve user's learning autonomy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1193(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1193/1/012031>



- Erhel, S., & Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers and Education*, 67, 156–167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019>
- Fatmawati, H., Mardiyana, M., & Triyanto, T. (2014). Analisis berpikir kritis siswa dalam pemecahan masalah matematika berdasarkan polya pada pokok bahasan persamaan kudrat ( penelitian pada siswa kelas x SMK Muhammadiyah 1 Sragen tahun pelajaran 2013 / 2014 ). *Jurnal Elektronik Pembelajaran Matematika*, 2(9), 911–922. <https://media.neliti.com/media/publications/117142-ID-analisis-berpikir-kritis-siswa-dalam-pem.pdf>
- Fuad, N. M., Zubaidah, S., Mahanal, S., & Suarsini, E. (2017). Improving junior high schools' critical thinking skills based on test three different models of learning. *International Journal of Instruction*, 10(1), 101–116. <https://doi.org/10.12973/iji.2017.1017a>
- Gros, B. (2007). Digital games in education: Me design of games-based learning environments. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(1), 23–38. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782494>
- Hastuti, I. D., & Mawaddah, S. (2022). Development of student books characterized by Indonesian realistic mathematics education to support mathematics problem solving ability. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, 6(1), 36–50.
- Heinrich, W. F., Habron, G. B., Johnson, H. L., & Goralnik, L. (2015). Critical thinking assessment across four sustainability-related experiential learning settings. *Journal of Experiential Education*, 38(4), 373–393. <https://doi.org/10.1177/1053825915592890>
- Hermawan, H. D., & Arifin, F. (2015). The development and analysis of quality of “batik detector” as a learning media for Indonesia batik motifs android based in Indonesian school of Singapore. *Proceedings 2015 International Conference on Science and Technology, TICST 2015*, 281–287. <https://doi.org/10.1109/TICST.2015.7369371>
- Hermita, N., Dewi, R., Alpusari, M., Noviana, E., Kurniaman, O., Antosa, Z., Sari, I. K., Mulyani, E. A., Elvina, E., & Putra, E. D. (2019). Improvement of elementary school critical thinking skills through the poe learning model (predict-observe-explain) on natural resource material. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012076>
- Hidayah, I. N., Sa'dijah, C., Subanji, & Sudirman. (2020). Characteristics of students' abductive reasoning in solving algebra problems. *Journal on Mathematics Education*, 11(3), 347–362. <https://doi.org/10.22342/JME.11.3.11869.347-362>
- Higgins, S. (2014). Critical thinking for 21st-century education: A cyber-tooth curriculum? *Prospects*, 44(4), 559–574. <https://doi.org/10.1007/s11125-014-9323-0>
- Hoon, T. S., Kee, K. L., & Singh, P. (2013). Learning mathematics using heuristic approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 90(InCULT 2012), 862–869. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.162>
- Ibrahim, M., Sunardi, S., & Isnaini, L. M. Y. (2022). Designing STEM – based learning management system using moodle as a distance learning alternative in basic calculus courses. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, 6(1), 154–162. <https://doi.org/10.31764/jtam.v6i1.5332>
- Ilahiyah, N., Yandari, I. A. V., & Pamungkas, A. S. (2019). Pengembangan modul matematika berbasis pakem pada materi bilangan pecahan di SD. *Terampil: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Dasar*, 6(1), 49–63. <https://doi.org/10.24042/terampil.v6i1.4127>

- Istikomah, D. A., & Jana, P. (2019). Mathematical problem solving ability in a modified learning model (M-APOS). *Journal of Physics: Conference Series*, 1254(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1254/1/012071>
- Iswara, E., Darhim, D., & Juandi, D. (2021). Students' critical thinking skills in solving on the topic of sequences and series. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(3), 385–394. <https://karya.brin.go.id/id/eprint/16126/>
- Iswinarti, & Suminar, D. R. (2019). Improving children's problem-solving skills through Javanese traditional games. *Cakrawala Pendidikan*, 38(3), 578–589. <https://doi.org/10.21831/cp.v38i3.25331>
- Jacinto, H., & Carreira, S. (2021). Digital tools and paper-and-pencil in solving-and-expressing: how technology expands a student's conceptual model of a covariation problem. *Journal on Mathematics Education*, 12(1), 113–132. <https://doi.org/10.22342/JME.12.1.12940.113-132>
- Krulik, Stephen Rudnick, J. A. (1989). *Krulik, Stephen; Rudnick, Jesse A. Problem Solving: A Handbook for Senior High School Teachers*.
- Kumi, R., Conway, C. M., Limayem, M., & Goyal, S. (2013). Learning in color: how color and affect influence learning outcomes. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 56(1), 2–15. <https://doi.org/10.1109/TPC.2012.2208390>
- Kunto, I., Ariani, D., Widyaningrum, R., & Syahyani, R. (2021). Ragam storyboard untuk produksi media pembelajaran. *Jurnal Pembelajaran Inovatif*, 4(1), 108–120. <https://doi.org/10.21009/jpi.041.14>
- Lailiyah, S., Hayat, S., Urifah, S., & Setyawati, M. (2021). Levels of students' mathematics anxieties and the impacts on online mathematics learning. *Cakrawala Pendidikan*, 40(1), 107–119. <https://doi.org/10.21831/cp.v40i1.36437>
- Laksmiwati, P. A., & Retnowati, E. (2019). Pengembangan perangkat pembelajaran geometri berbasis kecerdasan majemuk siswa SMP kelas VIII. *Pythagoras: Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.21831/pg.v14i1.26591>
- Lin, S., Zhou, Y., & Wijaya, T. T. (2020). Using hawgent dynamic mathematics software in teaching arithmetic operation. *International Journal of Education and Learning*, 2(1), 25–31. <https://doi.org/10.31763/ijele.v2i1.97>
- Rasvani, N. L. A., & Wulandari, I. G. A. A. (2021). Pengembangan media pembelajaran aplikasi maca (materi pecahan) berorientasi teori belajar Ausubel muatan matematika. *Mimbar PGSD Undiksha*, 9(1), 74–81. <https://doi.org/10.23887/jjpsgd.v9i1.32032>
- Marfu'ah, I., Julaeha, S., & Solihah, A. (2019). Pengaruh penggunaan alat peraga pada materi pokok dimensi tiga terhadap hasil belajar matematika. *Susunan Artikel Pendidikan*, 4(2), 1–9. <http://dx.doi.org/10.30998/sap.v4i2.4261>
- Marini, S., & Milawati, M. (2020). Distance learning innovation strategy in Indonesia during the COVID-19 pandemic. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research, Proceedings of the 6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020) Development*, 488(Aisteel), 416–421. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201124.085>
- Marlina, L., Liliarsari, Tjasyono, B., & Hendayana, S. (2018). Improving the critical thinking skills of junior high school students on Earth and Space Science (ESS) materials. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012063>
- Maulani, N., Linuwih, S., & Sulhadi, S. (2020). Effectiveness of physics learning using PBL assisted by PhET virtual. *Physics Communication*, 4(2), 19–24. <https://journal.unnes.ac.id/nju/pc/article/view/31081/12120>

- Maulycda, M. A., Hidayati, V. R., Rosyidah, A. N. K., & Nurmawanti, I. (2019). Problem-solving ability of primary school teachers based on Polya's method in Mataram City. *Pythagoras: Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(2), 139–149. <https://doi.org/10.21831/pg.v14i2.28686>
- Meadows, M. L., & Caniglia, J. C. (2019). Using PhET simulations in the mathematics classroom. *The Mathematics Teacher*, 112(5), 386–389. <https://doi.org/10.5951/mathteacher.112.5.0386>
- Miatun, A., & Khusna, H. (2020). Pengaruh geogebra online berbasis scaffolding dan tingkat self regulate learning terhadap kemampuan berpikir kritis. *Pythagoras: Jurnal Pendidikan Matematika*, 15(2), 124–136. <https://doi.org/10.21831/pg.v15i2.34499>
- Micholas, A. C. (Ed.). (2014). *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research* (1st ed.). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5>
- Moma, L. (2017). Pengembangan kemampuan berpikir kreatif dan pemecahan masalah matematis mahasiswa melalui metode diskusi. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 36(1), 130–139. <https://doi.org/10.21831/cp.v36i1.10402>
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191–1197. <https://doi.org/10.1021/ed4005084>
- Murtafiah, W., Suwarno, S., & Lestari, N. D. S. (2020). Exploring the types of a material presentation by teachers in mathematics learning during the COVID-19 pandemic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1663(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1663/1/012043>
- Nasiruudin, F. A. Z., & Hayati, H. (2019). Analisis kesulitan menyelesaikan soal operasi hitung pecahan pada siswa sekolah dasar di Makassar. *Klasikal: Journal of Education, Language Teaching and Science*, 1(2), 23–31. <https://doi.org/10.52208/klasikal.v1i2.31>
- Nizaruddin, Muhtarom, & Sugiyanti. (2017). Learning mathematics with traditional game "jirak": impact on mathematics disposition and students' achievement. *International Conference on Mathematics: Education, Theory, and Application (ICMETA)*, 1(1), 134–140. <https://jurnal.uns.ac.id/math/article/view/12040>
- Novita, R., Prahmana, R. C. I., Fajri, N., & Putra, M. (2018). Penyebab kesulitan belajar geometri dimensi tiga. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 5(1), 18–29. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v5i1.16836>
- Patahuddin, S. M., & Rokhim, A. F. (2013). Website permainan matematika online untuk belajar matematika secara menyenangkan. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(2). <https://doi.org/10.22342/jpm.3.2.332>
- Permatasari, H., Nofikasari, I., & Muria, Z. C. (2020). Metode godfrey vs sherwood-rout dalam animasi profil program pada lembaga amil zakat solopeduli. *Bianglala Informatika*, 8(1), 01–08. <https://doi.org/10.31294/bi.v8i1.7698>
- Plass, J. L., Heidig, S., Hayward, E. O., Homer, B. D., & Um, E. (2014). Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning. *Learning and Instruction*, 29, 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.02.006>
- Putranta, H., Jumadi, J., & Wilujeng, I. (2019). Physics learning by PhET simulation-assisted using problem based learning (PBL) model to improve students' critical thinking skills in work and energy chapters in MAN 3 Sleman. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 20(1), 1–44. [https://eduhk.hk/apfslt/v20\\_issue1/putranta/index.htm](https://eduhk.hk/apfslt/v20_issue1/putranta/index.htm)

- Putri, R. S., Purwanto, A., Pramono, R., Asbari, M., Wijayanti, L. M., & Hyun, C. C. (2020). Impact of the COVID-19 pandemic on online home learning: an explorative study of primary schools in Indonesia. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(5), 4809–4818. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:226670299>
- Rahmadita, N., Mubarak, H., & Prahani, B. K. (2021). Profile of problem-based learning (pbl) model assisted by phet to improve critical thinking skills of high school students in dynamic electrical materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 7(4), 617–624. <https://doi.org/0.29303/jppipa.v7i4.799>
- Rahman, S. A., & Manaf, N. F. A. (2017). A critical analysis of bloom's taxonomy in teaching creative and critical thinking skills in malaysia through english literature. *English Language Teaching*, 10(9), 245. <https://doi.org/10.5539/elt.v10n9p245>
- Rahmayanti, H., Oktaviani, V., & Syani, Y. (2020). Development of sorting waste game android based for early childhood in environmental education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1434(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1434/1/012029>
- Rasmitadila, Aliyyah, R. R., Rachmadtullah, R., Samsudin, A., Syaodih, E., Nurtanto, M., & Tambunan, A. R. S. (2020). The perceptions of primary school teachers of online learning during the covid-19 pandemic period: A case study in Indonesia. *Journal of Ethnic and Cultural Studies*, 7(2), 90–109. <https://doi.org/10.29333/ejecs/388>
- Rasmuin, & Widiani, D. (2021). Strategy and implementation of character education in era of society 5.0. *Proceedings of the International Conference on Engineering, Technology and Social Science (ICONETOS 2020)*, 529, 575–582. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210421.084>
- Sari, A. A. I., & Wutsqa, D. U. (2019). Pengembangan perangkat pembelajaran matematika menggunakan pendekatan inquiry berorientasi kemampuan berpikir kritis. *Pythagoras: Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 56–70. <https://doi.org/10.21831/pg.v14i1.27303>
- Setiati, S., & Azwar, M. K. (2020). COVID-19 and Indonesia. *Acta Medica Indonesiana*, 52(1). <https://www.actamedindones.org/index.php/ijim/article/view/1426>
- Seventika, S. Y., Sukestiyarno, Y. L., & Mariani, S. (2018). Critical thinking analysis based on Facione (2015) - Angelo (1995) logical mathematics material of vocational high school (VHS). *Journal of Physics: Conference Series*, 983(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/983/1/012067>
- Sherwood, C., & Rout, T. (1998). a structured methodology for multimedia product and systems development. *Ascilite '98*, 617–625.
- Suhady, W., Roza, Y., & Maimunah, M. (2019). Identifikasi kesalahan konseptual dan prosedural siswa dalam menyelesaikan soal pada materi dimensi tiga. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(2), 494–504. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v3i2.143>
- Susanti, W. D., Riau, U. I., Info, A., & Learning, A. (2022). Alternative learning during a pandemic: use of the website as a mathematics learning. *Infinity Journal of Mathematics Education*, 11(1), 17–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.22460/infinity.v11i1.p17-32>
- Suyatna, A., Distrik, I. W., Herlina, K., Suyanto, E., & Haryaningstias, D. (2018). Developing interactive e-book of relativity theory to optimize self-directed learning and critical thinking skills. *AIP Conference Proceedings*, 2014(September 2018). <https://doi.org/10.1063/1.5054469>

- Syahmani, Suyono, & Imam Supardi, Z. A. (2020). Effectiveness of i-smart learning model using chemistry problems solving in senior high school to improve metacognitive skills and students' conceptual understanding. *Pedagogika*, 138(2), 37–60. <https://doi.org/10.15823/p.2020.138.3>
- Taylor, M., Harlow, A., & Forret, M. (2010). Using a computer programming environment and an interactive whiteboard to investigate some mathematical thinking. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 8(5), 561–570. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.078>
- Turnbull, D., Chugh, R., & Luck, J. (2021). Transitioning to E-Learning during the COVID-19 pandemic: How have Higher Education Institutions responded to the challenge? *Education and Information Technologies*, 26(5), 6401–6419. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10633-w>
- Wardani, S., Lindawati, L., & Kusuma, S. B. W. (2017). The development of inquiry by using android-system-based chemistry board game to improve learning outcome and critical thinking ability. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 196–205. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.8360>
- Widodo, S. A., & Wahyudin, W. (2018). Selection of learning media mathematics for Junior School Students. *Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET*, 17(1), 154–160. <http://www.tojet.net/articles/v17i1/17115.pdf>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>
- Winkler, R., Söllner, M., & Leimeister, J. M. (2021). Enhancing problem-solving skills with smart personal assistant technology. *Computers and Education*, 165(August 2020). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104148>
- Yang, Y. T. C. (2012). Building virtual cities, inspiring intelligent citizens: digital games for developing students' problem solving and learning motivation. *Computers and Education*, 59(2), 365–377. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.01.012>
- Yao, A., Wang, L., Li, J., Xia, X., Jin, X., & Jing, N. (2020). 2D/3D Visualization of large-scale wind field based on WebGL. *ACM International Conference Proceeding Series*, 269–274. <https://doi.org/10.1145/3434581.3434662>
- Yuan, S., Chan, H. C. S., & Hu, Z. (2017). Using PyMOL as a platform for computational drug design. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 7(2), 1–10. <https://doi.org/10.1002/wcms.1298>
- Yudiawan, A., Sunarso, B., Suharmoko, Sari, F., & Ahmadi. (2021). Successful online learning factors in covid-19 era: Study of islamic higher education in west papua, Indonesia. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 10(1), 193–201. <https://doi.org/10.11591/ijere.v10i1.21036>
- Yuliarni, I., Marzal, J., & Kuntarto, E. (2019). Analysis of multimedia learning mathematics storyboard design. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 2(3), 149. <https://doi.org/10.33122/ijtmer.v2i3.119>
- Yulistiyarini, H., & Mahmudi, A. (2015). Pengembangan perangkat pembelajaran materi geometri ruang smp dengan memanfaatkan alat peraga manipulatif dan lingkungan. *PYTHAGORAS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 155. <https://doi.org/10.21831/pg.v10i2.9145>
- Zhang, L., Wang, S., & Liu, B. (2018). Deep learning for sentiment analysis: a survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(4), 1–25. <https://doi.org/10.1002/widm.1253>