

Pengembangan Media Digital STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Hukum Archimedes

Adhitya Rahardhian^{1*}, Indri Astuti², Haratua Tiur Maria³

^{1,2,3} Program Studi Magister Teknologi Pendidikan Universitas Tanjungpura, Pontianak,

*Corresponding author: adhitya.rahardhian@gmail.com

ABSTRACT

Critical thinking as 21st-century skill is important, but students' low critical thinking skills are a problem that is often found. This study aims to develop STEM digital media to improve students' critical thinking skills on Archimedes' principle. The subjects of this research included 15 validators and 42 students of SMP Negeri 2 Balai. This type of research is Research & Development (R&D) with nine steps of the Dick, Carey, & Carey instructional model. Product validation results show Aiken's V average in the design, media, and material aspects of 0.85; 0.93; and 0.89 so that the media is declared valid in each aspect. The results of formative evaluation in one-to-one evaluation, small group evaluation and field trial evaluation are categorized as very good. The N-gain value from the pretest and posttest is known to be 0.36 (moderate). The effect size of media is 2.44 (high). The implication of this research is the STEM approach combined with digital media has a positive influence on students' critical thinking skills.

Keywords: Critical thinking skills, STEM, Google Sites, Archimedes' Principle

ABSTRAK

Pemenuhan keterampilan abad 21, salah satunya berpikir kritis merupakan hal penting, namun rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa merupakan permasalahan yang sering ditemukan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media digital STEM guna meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa saat mempelajari Hukum Archimedes. Subjek penelitian ini meliputi 15 orang validator serta 42 siswa SMP Negeri 2 Balai. Jenis penelitian ini ialah Research & Development (R&D) menggunakan sembilan tahapan model pengembangan Dick, Carey & Carey. Hasil validasi produk menunjukkan rata-rata Aiken's V pada aspek desain, media, dan materi masing-masing sebesar 0,85; 0,93; dan 0,89 sehingga media dinyatakan valid pada tiap aspek. Hasil persentase respon siswa tahap uji perorangan, uji kelompok kecil uji lapangan dikategorikan sangat baik. Nilai N-gain pada pretes dan postes diketahui sebesar 0,36 (sedang). Effect size penggunaan media digital STEM sebesar 2,44 (tinggi). Implikasi penelitian ini ialah pendekatan STEM dengan media digital memberikan pengaruh positif pada keterampilan berpikir kritis siswa.

Kata Kunci: Keterampilan berpikir kritis, STEM, Google Sites, Hukum Archimedes



Pendahuluan

Pemenuhan keterampilan abad 21 (*21st Century Skill*) adalah sebuah realitas pendidikan global sebagai respon berkembangnya era globalisasi disertai dengan pesatnya kemajuan pengetahuan dan teknologi. Keterampilan abad 21 yang terdiri dari keterampilan berkolaborasi (*collaboration*), berkomunikasi (*communication*), berpikir inovasi dan kreatif (*innovation and creativity*), serta berpikir kritis dan pemecahan permasalahan (*critical thinking and problem solving*) menjadi penting dikuasai siswa (Trilling & Fadel, 2009). Pendidikan masa kini tidak hanya menekankan memperoleh hasil belajar yang baik, namun juga harus memfokuskan pada pengembangan keterampilan abad 21.

Satu diantara keterampilan abad 21 yang penting dikembangkan ialah berpikir kritis (*critical thinking*). Berpikir kritis ialah keterampilan yang melibatkan komponen analisis argumentasi, pembuatan kesimpulan (inferensi), penalaran deduktif atau induktif, evaluasi atau menilai, membandingkan, serta memecahkan masalah atau membuat keputusan (Lai, 2011; Ramos et al., 2013). Berpikir kritis melibatkan proses penalaran guna menganalisis masalah dan memutuskan cara paling efektif memecahkan masalah (Beers, 2011). Aspek berpikir kritis melibatkan analisis (*analysis*), interpretasi (*interpretation*), inferensi (*inference*), evaluasi (*evaluation*), regulasi diri (*self-regulation*), dan penjelasan (*explanation*) (Facione & Gittens, 2016). Dari penjelasan tersebut, keterampilan berpikir kritis ialah keterampilan yang sangat penting dimiliki seseorang guna menjelaskan, menganalisis, membuat inferensi dan melakukan evaluasi suatu permasalahan sesuai dengan konsep tertentu.

Keterampilan berpikir kritis siswa dapat dideteksi melalui ragam bentuk tes, satu diantaranya menggunakan tes PISA (*Programme for International Student Assessment*). Dari 78 negara yang mengikuti PISA tahun 2018, Indonesia berada pada posisi ke-72 (OECD, 2019). Capaian tersebut tergolong pencapaian yang rendah. Hal serupa tentang keterampilan berpikir kritis siswa Indonesia yang rendah bisa diketahui melalui capaian TIMSS (*Trend in International Mathematics and Science Study*), nilai sains siswa Indonesia saat 2011, 2013, dan 2015 senantiasa ada di posisi bawah nilai rata-rata internasional. Kemampuan berpikir kritis siswa SMP juga tergolong rendah (Nuryanti et al., 2018).

Keterampilan berpikir kritis tidak timbul tanpa proses, diperlukan latihan agar siswa terbiasa berpikir kritis. Berpikir kritis dikembangkan dalam pembelajaran (Enciso et al., 2017). Pembelajaran dilaksanakan secara eksplisit untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dapat meningkatkan keterampilan tersebut (Duran & Sendag, 2012). Pembelajaran yang dimaksud merupakan pembelajaran dengan pendekatan inovatif dengan tujuan memusatkan siswa agar memanfaatkan potensi berpikir guna menganalisis peristiwa dan memecahkan masalah. Satu diantara pendekatan pembelajaran yang bisa digunakan meningkatkan keterampilan berpikir kritis yaitu pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) (Hacıoğlu & Gülhan, 2021; Siregar et al., 2019).

STEM memberikan kesempatan pada siswa menjadi inovator (*innovator*), pemikir yang logis (*logical thinkers*), penemu (*inventors*), pencari solusi masalah yang baik (*better problem solvers*), dan mampu mandiri (*self-reliant*) (Morrison, 2006; Priatna et al., 2020; Rahardhian, 2019). Pilihan belajar dengan pendekatan STEM diharapkan lebih kritis dan membuat siswa mampu memecahkan masalah menggunakan konsep-konsep yang telah diperoleh. Salah satu materi IPA di jenjang SMP yang sebenarnya erat dengan multidisiplin dan memungkinkan penerapan pembelajaran STEM ialah materi Hukum Archimedes (Bunyamin et al., 2020). Terdapat bidang sains dan matematika yang terkait dengan topik hukum Archimedes. Komponen teknologi hukum Archimedes dapat dilihat pada penerapannya pada barang tertentu seperti kapal. Kapal menerapkan disiplin keilmuan sains, teknologi, teknik serta matematika.

Pendekatan STEM saat ini lebih fokus pada pengaplikasiannya pada proses belajar mengajar sedangkan media pembelajaran yang menggunakan pendekatan STEM jumlahnya masih terbatas di Indonesia. Hal ini dikarenakan pendekatan STEM masih tergolong baru dikenal saat ini. Beberapa negara telah mulai melaksanakan pembelajaran STEM diantaranya Amerika Serikat (Committee on STEM Education, 2013), Eropa dan Australia (Murphy et al., 2019). Penelitian yang menggunakan pendekatan STEM di Indonesia dimulai sejak beberapa tahun terakhir (Winarni et al., 2016).

Media pembelajaran memegang peranan penting dalam membantu proses pembelajaran. Fungsi media pembelajaran ialah menyampaikan pesan pembelajaran agar mampu merangsang perasaan,

pikiran, minat serta perhatian siswa yang menuju ke arah terjadinya proses belajar (Pramuji et al., 2020). Media pembelajaran saat ini telah berkembang akibat hadirnya teknologi. Sekarang telah berkembang media digital yang memiliki potensi dikembangkan dan dimanfaatkan dalam pembelajaran.

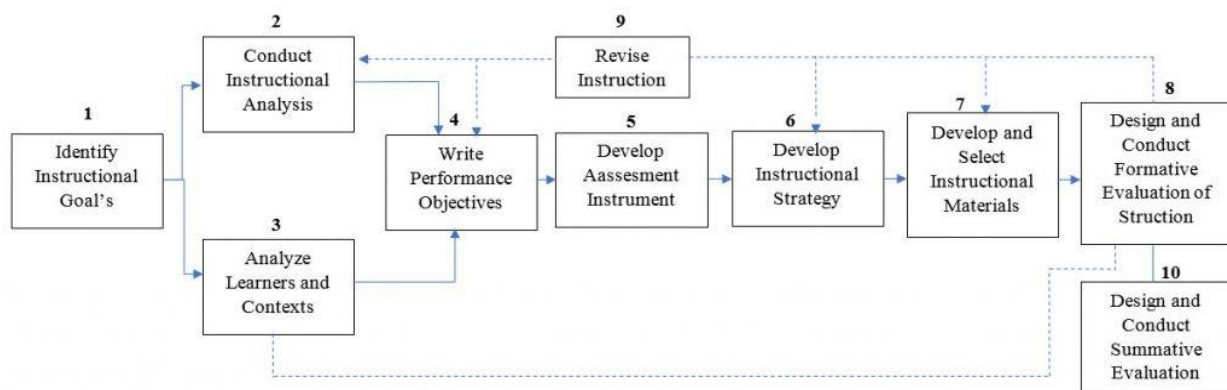
Salah satu media digital yang saat ini sangat dikenal ialah website. Media digital berupa website atau situs dapat menampilkan data berupa gambar statis atau bergerak, suara, teks, data animasi, video dan kombinasi keseluruhannya baik diam ataupun dinamis (Ramadannisa & Hartina, 2021). Di era masa kini, pengguna memiliki kemudahan untuk mendesain situs web sendiri tanpa perlu mempelajari bahasa pemrograman yang rumit, salah satu penyedia layanan web yang dapat dimanfaatkan adalah google sites. Google sites memiliki ragam keunggulan yang diperlukan untuk pengembangan media (Harsanto, 2014). Kelebihan google sites memungkinkan penyematian aplikasi maupun sumber daya video dengan mudah, maka membuka ruang untuk memfasilitasi pendekatan STEM (Chai et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan media digital STEM guna meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Hukum Archimedes. Media digital STEM yang dimaksud ialah media berupa google sites yang mengintegrasikan pendekatan STEM pada materi hukum Archimedes didalamnya dengan langkah pembelajaran yang telah disusun. lapangan.

Metode Penelitian

Penelitian ini adalah jenis penelitian pengembangan (*Research & Development*) dengan pendekatan *mixed methods* (metode campuran). Jenis *Mixed methods* yang dipakai ialah metode campuran paralel konvergen (*convergent parallel mixed methods*). Metode campuran paralel konvergen merupakan jenis desain metode campuran di mana peneliti mencampur atau menyintesis data kuantitatif dan kualitatif untuk menyajikan gambaran menyeluruh dari masalah penelitian (Creswell, 2014).

Model desain pengembangan yang dipakai pada penelitian ini merupakan model desain pengembangan Dick & Carey (Dick et al., 2015). Dari 10 langkah pengembangan model tersebut, penelitian dilakukan hingga langkah ke sembilan. Adapun langkah-langkah prosedur pengembangan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah Model Dick, Carey and Carey (Dick et al., 2015)

Langkah pertama dalam model ini adalah menentukan informasi dan keterampilan yang diinginkan untuk dikuasai oleh siswa. Langkah kedua yaitu melakukan analisis pembelajaran. Langkah ketiga yang dilakukan berupa analisis terhadap siswa. Langkah keempat ialah menetapkan tujuan khusus dari tujuan umum instruksional. Langkah kelima ialah mengembangkan instrumen penilaian. Langkah keenam yang dilakukan berupa penyusunan strategi spesifik secara teoritis untuk mencapai tujuan. Langkah ketujuh ialah mengembangkan dan memilih bahan pembelajaran, pada langkah ini melibatkan 15 orang ahli sebagai validator (5 orang ahli masing-masing untuk aspek desain, ahli media dan ahli materi). Langkah kedelapan ialah mendesain dan melakukan evaluasi formatif meliputi uji coba perorangan (*one-to-one evaluation*), uji coba kelompok kecil (*small group evaluation*) dan uji lapangan (*field trial evaluation*) yang totalnya melibatkan subjek penelitian 42 siswa SMP Negeri 2 Balai. Langkah terakhir ialah revisi yang dilakukan secara beriringan mulai langkah empat sampai sembilan.

Penelitian ini menggunakan instrumen yaitu lembar observasi, pedoman wawancara, angket atau kuesioner validitas media, angket respon siswa serta tes berpikir kritis untuk mengetahui efektivitas media digital STEM. Teknik analisis data yang dipergunakan ialah analisis deskriptif. Data kualitatif berupa komentar, tanggapan dan saran perbaikan berdasarkan penilaian ahli dan juga komentar atau tanggapan siswa. Data kuantitatif dari instrumen validasi ahli serta angket respons siswa. Data kualitatif dianalisis menggunakan pemaknaan logis, sedangkan data kuantitatif menggunakan perhitungan. Hasil dari analisis deskriptif tersebut maka ditentukan kelayakan media digital STEM.

Kelayakan media diketahui dari analisis angket validasi ahli. Validasi ahli meliputi validasi desain, media dan materi. Angket validasi media disusun didasarkan acuan kriteria multimedia (Crozat et al., 1999). Aspek pada masing-masing angket validasi ahli dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Aspek pada setiap angket Validasi

| Validasi Ahli | Aspek |
|---------------|---|
| Desain | 1. Karakteristik Media Pembelajaran |
| | 2. Rancangan Aktivitas Pembelajaran |
| | 3. Tahapan Media Pembelajaran |
| | 4. Desain Tampilan Media |
| Media | 1. Teks |
| | 2. Visual |
| | 3. Kualitas teknis (<i>technical quality</i>) |
| | 4. Kegunaan (<i>usability</i>) |
| Materi | 1. Relevansi materi |
| | 2. Isi Materi |
| | 3. Strategi Pedagogik |

Angket validasi disusun dengan skala likert dengan lima pilihan yaitu sangat tidak baik, kurang baik, cukup, baik serta sangat baik yang kemudian dikonversikan menjadi skor 1 hingga 5. Setelah dikonversikan ke dalam bentuk skor, maka akan dilakukan analisis validitas pada tiap aspek. Analisis angket validasi pada tiap aspek desain, media dan materi dilakukan dengan menggunakan Aiken's V. Persamaan Aiken's V (Aiken, 1985; Widodo et al., 2021) ialah:

$$V = \frac{\sum s}{n(c-1)}$$

Keterangan:

s = r - I_o

I_o = Peringkat validitas terendah (1)

c = Peringkat validitas tertinggi (5)

r = Angka yang dinilai dari satu orang validator

Nilai koefisien validasi terendah untuk lima validator dengan lima pilihan skala Likert pada kemungkinan kesalahan 5% atau p value 0,05 adalah 0,80. Dari tabel (Aiken, 1985), item dianggap valid jika nilai Aiken (Aiken's V) \geq 0,80. Angket respon siswa ditujukan pada siswa saat melakukan *one-to-one evaluation* (uji coba perorangan), *small group evaluation* (uji coba kelompok kecil) serta *field trial evaluation* (uji lapangan). Angket respon disusun dengan 5 pilihan skala likert yaitu sangat tidak baik, kurang baik, cukup, baik dan sangat baik yang kemudian dikonversi ke dalam skor 1 hingga 5. Bagian akhir angket respon disediakan kolom saran untuk perbaikan media.

Setelah data respon siswa dikonversi menjadi skor, maka data tersebut dianalisis dalam bentuk persentase dengan rumus (Kartini & Putra, 2020) sebagai berikut:

$$P = \frac{\text{jumlah skor hasil pengumpulan data}}{\text{jumlah skor kriteria}} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase per item pernyataan

Setelah nilai persentase didapat, maka dilakukan interpretasi. Pedoman interpretasi (Kartini & Putra, 2020) diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pedoman kriteria dari hasil respon

| Interval persentase (%) | Kategori |
|-------------------------|-------------|
| > 80 | Sangat Baik |
| 61–80 | Baik |
| 41–60 | Cukup |
| 21–40 | Kurang Baik |
| < 21 | Tidak Baik |

Tes berpikir kritis bermanfaat untuk mengukur aspek berpikir kritis pada aspek penjelasan (*explanation*), analisis (*analysis*), interpretasi (*interpretation*), inferensi (*inference*) dan evaluasi (*evaluation*). Tes dikembangkan dengan memodifikasi instrumen penelitian terkait (Mahbubah et al., 2020; Rosyidah et al., 2020). Bentuk soal berupa uraian sebanyak 10 soal. Soal uraian dipilih agar siswa lebih leluasa dalam mengungkapkan jawaban dengan pendapat sendiri. Tes berpikir kritis digunakan sebagai pretes dan postes. Penilaian dilakukan berdasarkan pedoman penskoran yang telah disusun. Pedoman penskoran pretes beserta postes diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pedoman penskoran hasil pretes dan postes

| Jawaban Siswa | Skor |
|--|------|
| Siswa memberikan jawaban yang benar dan lengkap | 3 |
| Siswa memberikan jawaban yang hampir lengkap | 2 |
| Siswa memberikan jawaban tetapi sebagian besar salah | 1 |
| Siswa tidak memberikan jawaban atau jawaban salah | 0 |

Efektifitas penggunaan media digital STEM diketahui dari nilai *N-Gain* dan *effect size*. Perhitungan *N-Gain* (Hake, 1998) diformulasikan dalam bentuk persamaan berikut:

$$N - Gain = \frac{\text{skor postes} - \text{skor pretes}}{\text{skor ideal} - \text{skor pretes}}$$

Analisis dilakukan terhadap hasil interpretasi kriteria nilai *N-gain* (Hake, 1998) diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Interpretasi skor *N-Gain*

| Skor | Kriteria |
|------------------------------|----------|
| $0,00 < N-Gain < 0,30$ | Rendah |
| $0,30 \leq N-Gain \leq 0,70$ | Sedang |
| $N-Gain > 0,70$ | Tinggi |

Effect size media digital STEM dihitung dengan formulasi Cohen's d (Lakens, 2013) sebagai berikut:

$$Cohen's d = \frac{M_{diff}}{\sqrt{\frac{\sum(X_{diff} - M_{diff})^2}{N - 1}}}$$

Keterangan:

M_{diff} = mean (rata-rata) dari selisih data postes dan pretes

X_{diff} = selisih data postes dan pretes

N = jumlah data

Analisis terhadap hasil interpretasi kriteria *effect size* (Cohen et al., 2007) disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Interpretasi skor *effect size*

| Skor | Kriteria |
|-----------|--------------|
| > 0,20 | Sangat Lemah |
| 0,21–0,50 | Lemah |
| 0,51–1,00 | Sedang |
| > 1,00 | Tinggi |

Hasil dan Pembahasan

Media digital STEM dikembangkan mengikuti langkah-langkah model desain pengembangan Dick & Carey. Langkah pertama pada desain pengembangan penelitian ini ialah mengidentifikasi tujuan umum. Dari analisis kurikulum terdapat tiga poin pola pikir yang penting yaitu penguatan pembelajaran kritis, penguatan pola pembelajaran ilmu pengetahuan jamak, dan pembelajaran berbasis multimedia. Ketiga tersebut seharusnya difasilitasi dalam pembelajaran. Ketiga hal ini pula yang menjadi alasan pengembangan media digital STEM.

Langkah kedua dalam desain pengembangan adalah melakukan analisis pembelajaran. Analisis ini terdiri dari analisis tujuan serta mengidentifikasi turunan dan kemampuan awal. Dari angket kebutuhan yang diberikan, sebanyak 92% siswa SMP Kelas VIII SMP Negeri 2 Balai memiliki *smartphone* dan 84% siswa memiliki akses internet dirumah. Temuan ini sejalan dengan temuan bahwa remaja Indonesia sebagian besar mengetahui internet dan menjadikan penggunaan media digital dan media sosial menjadi keseharian (Gayatri et al., 2015). Potensi ini kemudian dilirik dalam pengembangan produk ini.

Langkah ketiga pada desain pengembangan ini ialah menganalisis peserta didik dan konteks. Pada langkah ini diberikan dua jenis tes yaitu tes disposisi berpikir kritis dan tes berpikir kritis. Hasil tes disposisi berpikir kritis menginformasikan bahwa pembelajaran hendaknya mempertimbangkan disposisi perhatian dan keterbukaan pikiran. Dari hasil tes berpikir kritis menginformasikan agar memperhatikan pengembangan keterampilan berpikir kritis pada bagian inferensi dan interpretasi. Kedua hal ini juga menjadi fokus pengembangan media digital STEM yang dilakukan.

Langkah keempat dalam desain pengembangan ialah menetapkan tujuan khusus. Tujuan khusus kemudian menjadi tujuan pembelajaran yang dimasukkan pada media digital STEM. Tujuan khusus ini dibuat dari hasil *break down* tujuan umum dengan berlandaskan analisis yang sebelumnya dilakukan.

Langkah kelima dalam yang dilakukan ialah mengembangkan instrumen penilaian. Adapun instrumen penilaian yang dikembangkan ialah instrumen tes berpikir kritis. Instrumen divalidasi oleh empat orang ahli dan kemudian di uji coba pada 31 siswa SMP Negeri 1 Parindu. Dari hasil validasi ahli diketahui nilai rata-rata Aiken's V ialah 0,88 yang artinya soal dinilai valid oleh ahli. Dari hasil uji coba diperoleh nilai Cronbach's Alpha ialah 0.72 yang menandakan bahwa soal reliabel atau konsisten.

Langkah keenam dalam desain pengembangan yang dilakukan ialah mengembangkan strategi pembelajaran. Tahapan ini ialah tahap kajian teoritik perencanaan pembuatan media. Pada tahapan ini dikembangkan rancangan media, desain *flowchart*, persiapan aset media dan materi serta pematangan konsep yang dihadirkan media digital serta pembuatan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP).

Langkah ketujuh adalah langkah mengembangkan dan memilih bahan pembelajaran. Tahapan ini merupakan tahapan pengembangan produk awal media sekaligus validasi media oleh ahli. Media digital STEM dikembangkan dengan menggunakan alat pembuat website (*website creation tools*) yaitu google sites. Google sites menjadi pilihan dengan alasan mudah digunakan dan dikelola, tersedia fitur pendukung google serta gratis. Data hasil validasi ahli untuk tiap aspek dilihat di Tabel 6.

Tabel 6. Hasil penilaian validasi ahli

| Validasi Ahli | Nilai Aiken's V | Kategori |
|---------------|-----------------|----------|
| Desain | 0,85 | Valid |
| Media | 0,93 | Valid |
| Materi | 0,89 | Valid |

Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa media digital STEM valid pada aspek desain, media dan materi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa media layak untuk dilakukan uji coba pengguna.

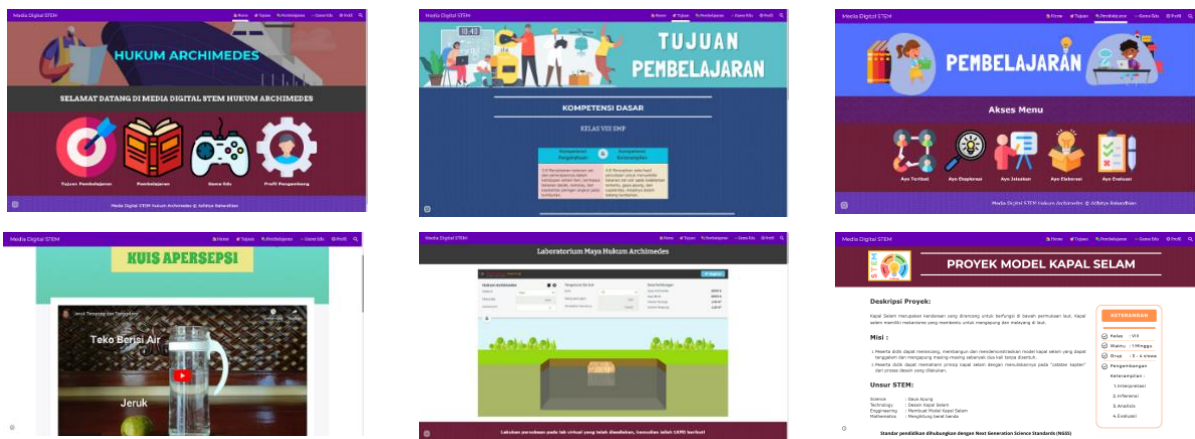
Langkah kedelapan yaitu langkah mendesain dan melakukan evaluasi formatif. Evaluasi formatif yang dilaksanakan meliputi uji coba perorangan terhadap tiga siswa, uji coba kelompok kecil terhadap sembilan siswa dan uji lapangan terhadap 30 siswa. Tiap tahapan dengan siswa berbeda. Data hasil respon siswa pada tiap uji coba dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji coba

| Validasi Ahli | Persentase Respon (%) | Kriteria |
|---|-----------------------|-------------|
| Uji coba perorangan (<i>one-to-one evaluation</i>) | 90 | Sangat Baik |
| Uji coba kelompok kecil (<i>small group evaluation</i>) | 83 | Sangat Baik |
| Uji coba lapangan (<i>field trial evaluation</i>) | 85 | Sangat Baik |

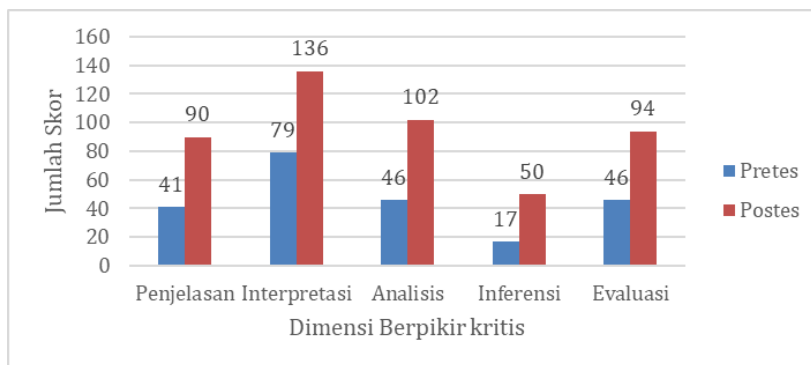
Langkah terakhir pada desain pengembangan ini adalah melakukan revisi. Langkah ini bukanlah langkah yang terpisah, Sepanjang validasi dan uji coba produk, terdapat revisi yang dilakukan. Revisi bertujuan guna meningkatkan kualitas media.

Hasil pengembangan tahap terakhir adalah terciptanya produk media digital STEM. Akses produk akhir ada di laman berikut: <https://sites.google.com/guru.smp.belajar.id/mediadigitalstem1>. Profil tampilan media digital STEM hukum Archimedes diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Profil media digital STEM hukum Archimedes

Keterampilan berpikir kritis siswa diukur dari skor pretes dan postes. Skor rata-rata pretes ialah 8, dan skor rata-rata postes ialah 16. Perbedaan skor rata-rata pretes dan postes ialah 8. Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus N-gain, diperoleh nilai N-gain yaitu 0,36. Dari nilai N-gain diketahui peningkatan keterampilan berpikir kritis setelah diberikan media digital STEM hukum Archimedes masuk dalam kategori sedang.



Gambar 3. Perbandingan Hasil Tes Berdasarkan Dimensi Berpikir Kritis

Dimensi keterampilan berpikir kritis sebagai fokus di penelitian ini adalah penjelasan, interpretasi, analisis, inferensi dan evaluasi. Perbandingan hasil pretes dan postes berdasarkan jumlah total skor perolehan masing-masing dimensi dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa peningkatan terendah ada pada dimensi inferensi sedangkan peningkatan tertinggi pada bagian interpretasi. Perhitungan *effect size* menggunakan cohen's d diketahui bahwa nilai *effect size* sebesar 2,44 sehingga dapat dikategorikan tinggi. Tingginya *effect size* menunjukkan bahwa penggunaan media digital STEM berpengaruh besar pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa materi hukum Archimedes.

Media digital STEM yang dikembangkan berbentuk website. Selama pengguna memiliki perangkat elektronik yang terkoneksi internet maka media digital dapat diakses. Laman awal (*home*) media digital STEM berisikan identitas media digital disertai empat menu utama. Menu tersebut terdiri dari menu tujuan pembelajaran, menu pembelajaran, menu edu game dan menu profil pengembang. Pelaksanaan pembelajaran terfokus pada menu pembelajaran. Menu pembelajaran memiliki lima menu tersendiri yaitu menu ayo terlibat, ayo eksplorasi, ayo jelaskan, ayo elaborasi dan ayo evaluasi. Pengalaman belajar terbaik didapatkan dengan mempelajari sesuai urutan berdasarkan petunjuk penggunaan yang telah diberikan. Pada media terdapat pula menu edu game. Edu game ini merupakan fitur untuk memperkuat konsep siswa melalui cara menyenangkan yaitu permainan. Fitur edu game ini menjadi daya tarik bagi siswa dan menjadikan salah satu pelengkap keunggulan media ini. Siswa dapat berkompetisi mendapatkan skor terbaik dan mencatatkan namanya pada papan peringkat.

Media digital STEM yang dikembangkan menjadi media yang menarik karena selain memuat teks penjelasan juga terdapat gambar penjelasan, video pembelajaran, laboratorium maya, LKPD online, game edukasi dan kuis. Aneka variasi media ini bertujuan agar siswa mendapat pengalaman positif saat menggunakan media digital STEM ini. Terbukti dari respon siswa pada saat evaluasi formatif dengan kategori respon sangat baik. Nilai kebaharuan media digital STEM yang dikembangkan adalah konsep yang dihadirkan pada media ini. Pada media ini digunakan pendekatan STEM, sebagaimana diketahui bahwa STEM merupakan tema terkini pada pembelajaran IPA secara global dan belum banyak diadaptasi ke dalam bentuk media. Pembelajaran STEM yang dihadirkan mengaitkan teori mengenai hukum Archimedes (sains) dengan desain kapal dan model kapal selam (teknik dan teknologi). Pada LKPD juga menghadirkan perhitungan beban (matematika) pada kegiatan. Media digital STEM yang dikembangkan berusaha menghadirkan pengalaman yang holistik.

Menu pembelajaran pada media digital STEM juga inovatif dimana landasannya ialah model *learning cycle 5E*. *Learning cycle 5E* diketahui mempengaruhi peningkatan motivasi belajar siswa dan siswa pemahaman konsep (Putra et al., 2018). Menu pembelajaran yang inovatif ini dapat digunakan sebagai *template* untuk pengembangan media digital STEM pada materi lainnya. Pengembangan media digital ini juga didasarkan pada teori kognitif multimedia yang berpedoman 12 prinsip multimedia (Mayer, 2009). Kekhasan inilah yang menjadi poin keunggulan dari media yang dikembangkan.

Media digital yang dikembangkan berusaha mengakomodir tiga gaya belajar siswa yaitu visual, auditori serta kinestetik. Gaya belajar visual diakomodir melalui penyajian yang menarik disertai gambar dan video. Gaya belajar auditori diakomodir melalui ketersediaan audio penjelasan di setiap lamannya sehingga siswa dapat mendengar penjelasan secara langsung. Gaya belajar kinestetik diakomodir dengan kegiatan STEM yang dihadirkan pada LKPD kapal foil dan model kapal selam.

Berdasarkan teori kerucut pengalaman Dale (*Dale's cone of experience*), pembelajaran dengan media digital STEM menyatukan pembelajaran dari observasi (pengalaman ikonik) dan pembelajaran langsung (pengalaman langsung) (Lee & Reeves, 2007). Pembelajaran menggunakan gambar dan video berdasarkan teori kerucut abstraksi multimedia (*Multimedia Cone of Abstraction*) memiliki tingkat abstraksi yang rendah sehingga mudah dipahami siswa (Baukal et al., 2013).

Interpretasi tinggi pada pembelajaran dengan media digital STEM karena dapat melatih siswa mengungkapkan fakta melalui praktik pada kegiatan pembuatan desain kapal dari aluminium foil (menu ayo eksplorasi) dan proyek model kapal selam (menu ayo elaborasi). Pada praktik yang dilakukan tersebut siswa melakukan analisis, menjelaskan, inferensi serta evaluasi sehingga keterampilan tersebut menjadi ikut terlatih dan juga meningkat. Perhitungan *effect size* menggunakan cohen's d

diketahui bahwa nilai *effect size* sebesar 2,44 yang dapat dikategorikan tinggi, yang menunjukkan bahwa media digital STEM mempunyai pengaruh besar pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa.

Temuan ini senada dengan penelitian lain berkaitan dengan pemanfaatan media web terhadap keterampilan berpikir kritis. Penelitian lain yang dilakukan menunjukkan bahwa google sites Web-FIST cocok untuk digunakan pada proses pembelajaran dan dapat melatih keterampilan berpikir kritis siswa tentang gerak parabola (Sari & Kholiq, 2022). Pembelajaran STEM mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Hal ini didukung dari meta analisis yang menemukan bahwa pendekatan STEM berpengaruh terhadap pada keterampilan berpikir kritis dengan *effect size* sebesar 0,92 dengan kategori tinggi (Ananda & Salamah, 2021). Penelitian lain (Hidayati & Irmawati, 2019) mengungkapkan bahwa media yang dikembangkan yaitu media mengenai anatomi manusia berbasis STEM menunjukkan terjadi perubahan signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Dari hasil pembahasan yang telah dikemukakan baik secara teoritis dan hasil penelitian dapat diketahui bahwa media digital STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Hukum Archimedes. Hasil penelitian ini berimplikasi bahwa pendekatan STEM yang dipadukan dengan media digital memberikan pengaruh positif pada keterampilan berpikir kritis siswa. Keterbatasan dari penelitian yang dilakukan ialah materi yang menjadi fokus penelitian spesifik pada hukum Archimedes.

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa media digital STEM dinyatakan valid pada aspek desain, media dan materi. Hasil evaluasi formatif saat uji perorangan, uji kelompok kecil dan uji lapangan menunjukkan respon yang sangat baik pada siswa. Media digital STEM yang dikembangkan memiliki efektivitas dengan kategori tinggi, hal ini menunjukkan bahwa media digital STEM dapat digunakan pada pembelajaran dan berefek besar pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Hukum Archimedes. Saran untuk penelitian lanjutan bahwa media digital STEM dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan materi atau kegiatan STEM berbasis kasus pada bagian ayo elaborasi. Selain itu media digital STEM ini dapat diadaptasi pada materi lainnya.

Referensi

- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142.
- Ananda, P. N., & Salamah, U. (2021). Meta Analisis Pengaruh Integrasi Pendekatan STEM Dalam Pembelajaran IPA Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 7(1), 54–64. <https://doi.org/10.24036/jppf.v7i1.111634>
- Baukal, C. E., Ausburn, F. B., & Ausburn, L. J. (2013). A proposed multimedia cone of abstraction: Updating a classic instructional design theory. *I-Manager's Journal of Educational Technology*, 9(4), 15–24. <https://doi.org/10.26634/jet.9.4.2129>
- Beers, S. Z. (2011). *21st century skills: preparing students for their future* (pp. 1–6). https://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st_century_skills.pdf
- Bunyamin, M. A. H., Talib, C. A., Ahmad, N. J., Ibrahim, N. H., & Surif, J. (2020). Current teaching practice of physics teachers and implications for integrated STEM education. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5A), 18–28. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.081903>
- Chai, C. S., Rahmawati, Y., & Jong, M. S.-Y. (2020). Indonesian science, mathematics, and engineering preservice teachers' experiences in STEM-TPACK design-based learning. *Sustainability*, 12(21), 9050. <https://doi.org/10.3390/su12219050>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203029053>
- Committee on STEM Education. (2013). *Federal science, technology, engineering, and mathematics (STEM): Education 5-Year Strategic Plan*. National Science and Technology Council. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publication.

- Crozat, S., Olivier, H., & Trigano, P. (1999). A method for evaluating multimedia learning software. *Proceedings IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, 1, 714–719.
- Dick, W., Carey, C., & Carey, J. O. (2015). *The systematic design of instruction* (8th ed.). Pearson Education.
- Duran, M., & Sendag, S. (2012). A preliminary investigation into critical thinking skills of urban high school students: Role of an IT/STEM program. *Creative Education*, 3(2), 241–250. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.32038>
- Enciso, O. L. U., Enciso, D. S. U., & Daza, M. D. P. V. (2017). Critical thinking and its importance in education: Some reflections. *Rastros Rostros*, 19(34), 78–88. <https://doi.org/10.16925/ra.v19i34.2144>
- Facione, P., & Gittens, C. A. (2016). *Think critically* (3rd ed.). Pearson Education.
- Gayatri, G., Rusadi, U., Meiningsih, S., Mahmudah, D., Sari, D., Kausarina, Karman, & Nugroho, A. C. (2015). Digital citizenship safety among children and adolescents in Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Komunikasi Dan Informatika*, 6(1), 1–16.
- Hacıoğlu, Y., & Gülhan, F. (2021). The effects of STEM education on the 7th grade students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 7(2), 139–155. <https://doi.org/10.21891/jeseh.771331>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Harsanto, B. (2014). Innovation to enhance blended learning experience: Applying google sites in higher education. *Information Management and Business Review*, 6(1), 17–24. <https://doi.org/10.22610/imbr.v6i1.1097>
- Hidayati, N., & Irmawati, F. (2019). Developing digital multimedia of human anatomy and physiology material based on STEM education. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 5(3), 497–510. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i3.8584>
- Kartini, K. S., & Putra, I. N. T. A. (2020). Respon siswa terhadap pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis android. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 4(1), 12–19. <https://doi.org/10.23887/jpk.v4i1.24981>
- Lai, E. R. (2011). Critical thinking: A literature review. *Pearson's Research Reports*, 6(1), 1–49.
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4(Nov), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Lee, S. J., & Reeves, T. (2007). Edgar Dale: A significant contributor to the field of educational technology. *Educational Technology*, 47(6), 56–59. <http://www.jstor.org/stable/44429532>
- Mahbubah, K., Habibulloh, M., Hermita, N., & Samsudin, A. (2020). Measuring Critical Thinking based Multimedia on Buoyant Force Concept: A Preliminary Design. *Journal of Physics: Conference Series*, 1655(1), 012112. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1655/1/012112>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Morrison, J. (2006). TIES STEM education monograph series: Attributes of STEM education. In *Teaching Institute for Essential Science in STEM*. TIES.
- Murphy, S., MacDonald, A., Danaia, L., & Wang, C. (2019). An analysis of Australian STEM education strategies. *Policy Futures in Education*, 17(2), 122–139. <https://doi.org/10.1177/1478210318774190>
- Nuryanti, L., Zubaidah, S., & Diantoro, M. (2018). Analisis kemampuan berpikir kritis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(2), 155–158. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v3i2.10490>
- OECD. (2019). *PISA 2018 results (volume I): What students know and can do: Vol. I*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Pramuji, L., Permanasari, A., & Ardianto, D. (2020). Multimedia interaktif berbasis STEM pada konsep pencemaran lingkungan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *Journal of Science Education and Practice*, 2(1), 1–15. <https://doi.org/10.33751/jsep.v2i1.1699>
- Priatna, N., LORENZIA, S., & Widodo, S. A. (2020). STEM education at junior high school mathematics course for improving the mathematical critical thinking skills. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(3), 1173–1184.
- Putra, F., Nur Kholifah, I. Y., Subali, B., & Rusilowati, A. (2018). 5E-Learning cycle strategy: Increasing conceptual understanding and learning motivation. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 7(2), 171–181. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v7i2.2898>
- Rahardhian, A. (2019). *Mari belajar tentang STEM*. Kanaka Media.
- Ramadannisa, R. F., & Hartina, M. M. (2021). The design of web-based learning using google sites for teaching heat and temperature topic. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 7(2), 107–114. <https://doi.org/10.21009/1.07202>

- Ramos, J. L. S., Dolipas, B. B., & Villamor, B. B. (2013). Higher order thinking skills and academic performance in physics of college students: A regression analysis. *International Journal of Innovative Interdisciplinary Research*, 4(1), 48–60.
- Rosyidah, N. D., Kusairi, S., Taufiq, A., & Affriyenni, Y. (2020). Profile of students' critical thinking processes on the topics of Hydrostatic Pressure and Archimedes' principle. *Journal of Physics: Conference Series*, 1511(1), 012081. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012081>
- Sari, D. A. W., & Kholiq, A. (2022). Development of WEB-FIST (STEM-based physics web) to train students' critical thinking on the topic of parabolic motion. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 10(3), 750. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v10i3.5574>
- Siregar, Y. E. Y., Rachmadtullah, R., Pohan, N., Rasmitadila, & Zulela, M. (2019). The impacts of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) on critical thinking in elementary school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175(1), 012156. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012156>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass A Wily Imprint.
- Widodo, S. A., Ibrahim, I., Hidayat, W., Maarif, S., & Sulistyowati, F. (2021). Development of mathematical problem solving tests on geometry for junior high school students. *Jurnal Elemen*, 7(1), 221-231.
- Winarni, J., Zubaidah, S., & H, S. K. (2016). STEM: apa, mengapa, dan bagaimana. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM* (Vol. 1, pp. 976–984).