

Tersedia secara online di
Jurnal Tadris IPA IndonesiaBeranda jurnal : <http://ejournal.iainponorogo.ac.id/index.php/jtii>**Artikel****Pengembangan Modul Berbasis STEM 3D untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa**Anggi Nurma Yunita Sholikhah^{1*}, Syaiful Arif²^{1,2}Institut Agama Islam Negeri Ponorogo**Corresponding Address: yunitasholikhah81@gmail.com***Info Artikel**

Riwayat artikel:

Received: 25 Januari 2024

Accepted: 30 Maret 2024

Published: 31 Maret 2024

Kata kunci:Kemampuan berpikir kritis,
Modul berbasis STEM 3D,
Pembelajaran abad 21,**ABSTRAK**

Pembelajaran abad 21 merupakan pembelajaran yang menekankan 4 keterampilan penting yaitu kolaborasi, berpikir kritis, komunikasi, dan kreativitas. Kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan yang harus dimiliki dan dikuasai siswa. Namun kemampuan berpikir kritis pada siswa masih cukup rendah. Salah satu faktor penyebab rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa adalah media pembelajaran. Penelitian bertujuan untuk mengembangkan modul 3D berbasis STEM yang berfokus pada kemampuan berpikir kritis siswa mengenai hukum pewarisan sifat di kelas IX SMP N 5 Ponorogo. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah purposive sampling. Sampel dalam penelitian ini adalah 28 siswa kelas IX SMP Negeri 5 Ponorogo. Metode penelitian yang diterapkan adalah model R&D (Research and Development) ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation & Evaluation*). Instrumen penelitian yang digunakan adalah angket validitas dari 3 orang ahli, angket respon siswa, pretest dan posttest untuk evaluasi pasca penerapan modul. Pretest dan posttest kemudian dianalisis menggunakan uji statistik yaitu N-Gain dan Paired Sample T-Test. Hasil penelitian diperoleh: 1) skor validitas akhir dari 3 ahli masing-masing sebesar 3, 22, 3,44, dan 3,33; 2) angket responsif siswa menunjukkan respon positif terhadap modul; 3) Modul berbasis 3D STEM mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dengan skor rata-rata N-Gain 0,56; 4) Uji t 2-tailed $0,000 < 0,05$. Kesimpulan dari kegiatan penelitian ini adalah modul berbasis STEM 3D layak dan valid diimplementasikan serta efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dengan tingkat sedang.

ABSTRACT

21st century learning is learning that emphasizes 4 important skills, namely collaboration, critical thinking, communication and creativity. Critical thinking ability is an ability that students must have and master. However, students' critical thinking abilities are still quite low. One of the factors causing students' low critical thinking abilities is learning media. The research aims to develop a STEM-based 3D module that focuses on students' critical thinking skills regarding inheritance law in class IX. The data collection technique used was purposive sampling. The sample in this study was 28 class IX students of SMP Negeri 5 Ponorogo. The research method applied is the ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation & Evaluation*) R&D (Research and Development) model. The research instruments used were validity questionnaires from 3 experts, student response questionnaires, pretest and posttest for post-implementation evaluation of the module. The pretest and posttest were then analyzed using statistical tests, namely N-Gain and Paired Sample T-Test. The research

results obtained: 1) the final validity scores from the 3 experts were 3, 22, 3.44, and 3.33 respectively; 2) student responsive questionnaires show a positive response to the module; 3) 3D STEM-based modules can improve critical thinking skills with an average N-Gain score of 0.56; 4) 2-tailed t test $0.000 < 0.05$. The conclusion from this research activity is that the 3D STEM-based module is feasible and valid to be implemented and is effective for improving critical thinking skills at a moderate level.

PENDAHULUAN

Berpikir kritis merupakan salah satu kemampuan yang esensial bagi siswa dan harus dikembangkan sebagai salah satu wujudnya upaya peningkatan kualitas sumber daya manusia dalam menghadapi beragam tantangan kemajuan di berbagai bidang kehidupan di abad ke-21. Selain harus dikembangkan, keterampilan berpikir kritis juga harus dikuasai siswa (Saputra et al., 2019). Keterampilan berpikir kritis memegang peranan penting dalam proses pemecahan masalah. Dengan kemampuan tersebut siswa dapat mempelajari proses mengevaluasi, menganalisis, dan menyimpulkan yang kemudian diwujudkan dalam suatu kesimpulan berdasarkan bukti empiris dari permasalahan yang dihadapi. Proses yang dilakukan selama pemecahan masalah secara tidak langsung akan mendorong siswa menjadi pemikir kritis untuk menghasilkan keputusan (Orhan, 2023; Vacide Erdoğan, 2019).

Berbagai variasi pendekatan pembelajaran direkomendasikan untuk diterapkan dalam peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Salah satu pendekatan yang disarankan dan diterapkan oleh para pendidik untuk membantu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa adalah pendekatan STEM (*Science, Education, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan STEM merupakan pendekatan yang dinilai cocok diterapkan dalam kegiatan pembelajaran abad 21 karena memenuhi karakteristik kegiatan pembelajaran tersebut. Ciri-ciri pembelajaran abad 21 antara lain terpadu, holistik, ilmiah, kontekstual, tematik, efisien, menekankan kolaborasi, dan berpusat pada pembelajaran (Irma et al., 2016; Novitasari et al., 2022). Selain itu, kegiatan pembelajaran di abad 21 juga melibatkan keterampilan seperti keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi atau yang disebut dengan 4C (Berpikir kritis, Kreativitas, Komunikasi, dan Kolaborasi) (Khoiri et al., 2021). Kelebihan pendekatan ini diterapkan dalam kegiatan pembelajaran antara lain memberikan pembelajaran pengalaman melalui integrasi disiplin ilmu bersama (Muttaqin, 2023). Selain itu, penerapan pendekatan STEM dalam kegiatan pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan memecahkan masalah, berinovasi, mandiri, dan mengkorelasikan hasil belajar dengan fenomena kontekstual (Widya et al., 2019).

Berbagai cara digunakan untuk mengkorelasikan STEM dengan berpikir kritis dalam kegiatan pembelajaran di sekolah dan salah satunya adalah dengan menerapkan media pembelajaran berupa modul. Media pembelajaran dapat berupa alat, benda, atau pemberian stimulus dari guru kepada siswa untuk mentransfer pesan pembelajaran (Wulansari et al., 2017). Selain berfungsi sebagai penyampai pesan, media pembelajaran juga berfungsi untuk menciptakan suasana belajar yang efektif, mengurangi miskonsepsi, mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui abstraksi materi, memberikan solusi terhadap keterbatasan pengalaman siswa, memotivasi siswa, menciptakan interaksi dengan lingkungan, dan membentuk pengamatan yang seragam. Modul merupakan media pembelajaran yang disusun secara berurutan dalam bentuk cetak dan elektronik yang berisi materi pembelajaran tertentu, metode, tujuan pembelajaran, dan petunjuk pelaksanaan pembelajaran individu (Haristah et al., 2019). Penggunaan modul dalam kegiatan pembelajaran dapat membantu siswa mengembangkan berbagai aspek keterampilan seperti kemampuan berpikir kritis. Modul sering digunakan dalam materi pembelajaran teori seperti hukum pewarisan sifat. Materi hukum

pewarisan sifat merupakan sub materi pewarisan sifat pada makhluk hidup yang terdiri atas sub sub materi hukum Mendel I dan II.

Pada materi hukum pewarisan sifat, diterapkan permasalahan kontekstual dan perhitungan matematis untuk mengetahui perbandingan penerapan kedua hukum pewarisan sifat tersebut. Jenis modul yang mempunyai peluang besar untuk materi teori adalah modul pendekatan STEM. Modul STEM menghubungkan materi teoretis dengan integritas kontekstual berupa sains, teknologi, teknik, dan matematika. Selain permasalahan kontekstual, perhitungan matematis juga dilakukan untuk mengetahui perbandingan pada hukum pewarisan sifat. Untuk dapat menyelesaikan permasalahan pada materi ini, siswa perlu memiliki keterampilan kognitif dan metakognitif yang cukup atau bahkan lebih baik. Meskipun kita menerapkan sistem perhitungan matematis, namun kemampuan analisis sangat diperlukan untuk dapat menyelesaikan permasalahan mengenai hukum pewarisan sifat. Kemampuan ini terkadang dikesampingkan karena terlalu fokus pada aspek penjas atau penjelasan. Menganalisis termasuk dalam aspek keterampilan berpikir kritis (Idris et al., 2020). Hal ini dapat menyebabkan siswa memiliki kemampuan berpikir kritis yang rendah akibat ketidakmampuannya menganalisis indikator. Pada penelitian sebelumnya penerapan modul pendekatan STEM mampu meningkatkan daya kritis siswa keterampilan berpikir pada mata pelajaran fisika (E. Fitriani, 2023; Inayah et al., 2022). Namun penelitian ini tidak menjelaskan spesifikasi mengenai material yang digunakan. Selain itu terdapat penelitian yang menyatakan bahwa modul pembelajaran dengan pendekatan STEM mempunyai implikasi positif terhadap kemampuan pemecahan masalah (Alfika et al., 2019). Meskipun banyak modul STEM yang dikembangkan untuk meningkatkan berbagai jenis kemampuan dan hasil belajar, namun belum ada hasil penelitian yang menunjukkan kegunaan modul STEM pada hukum pewarisan sifat. Selain itu, masih sangat jarang penerapan inovasi fitur baru di dalamnya, misalnya fitur 3 dimensi berupa augmented reality pada modul untuk memudahkan siswa dalam menganalisis suatu permasalahan. *Augmented Reality* (AR) merupakan salah satu bentuk implementasi kemajuan di bidang teknologi berupa transformasi gambar 3 dimensi yang disesuaikan dengan kondisi nyata benda atau benda serta memuat informasi tertentu (Adli et al., 2022). Di bidang pendidikan, augmented reality dapat dikorelasikan dengan pendekatan pembelajaran. Salah satu caranya adalah pendekatan STEM. Pendekatan STEM cocok diterapkan dengan *Augmented Reality* (AR) (Osadchyi et al., 2021; Wahyu et al., 2020).

Pendekatan STEM sering diimplementasikan dalam berbagai kegiatan pembelajaran untuk tujuan tertentu. Penerapan STEM dan *Augmented Reality* dapat meningkatkan kemampuan kolaborasi (López-Faican & Jaen, 2020) dan meningkatkan hasil belajar serta sikap terhadap pembelajaran fisika (Fidan & Tuncel, 2019). Namun belum ada penelitian yang menggabungkan media pembelajaran modul dengan STEM dan *Augmented Reality* (AR) yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Berdasarkan keadaan tersebut, peneliti melakukan pengembangan dan pengembangan media pembelajaran dengan mengkorelasikan modul dengan pendekatan pembelajaran STEM dan fitur 3D berupa *augmented reality*.

METODE

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah R&D (*Research and Development*) model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation & Evaluation*). Model penelitian dan pengembangan ADDIE merupakan model penelitian yang diterapkan untuk mengembangkan dan menghasilkan produk tertentu dengan melalui serangkaian tahapan berupa analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi (Kawete et al., 2022). Peneliti melibatkan kegiatan validitas dimana validitas dilakukan oleh 3 orang ahli yang berkompeten di masing-masing bidangnya yaitu ahli materi, desain, dan media. Kegiatan validitas bertujuan untuk mengetahui

kelayakan dan validitas produk yang dikembangkan yaitu modul berbasis STEM 3D dengan fitur *Augmented Reality (AR)*. Instrumen yang digunakan berupa angket dengan skala likert 1 – 4. Lembar validitas memuat kesesuaian penyajian, isi, bahasa, grafika, dan penilaian kemampuan berpikir kritis. Hasil perolehan skor validitas kemudian dicari nilai akhirnya. Rumus untuk mencari nilai validitas akhir adalah sebagai berikut

$$Final\ Score = \frac{\sum skor\ yang\ didapat}{\sum skor\ item} \times 4 \quad (1)$$

Hasil perhitungan nilai akhir menentukan kelayakan dan validitas produk yang dikembangkan. Kriteria kelayakan dan keabsahan disesuaikan dengan Tabel 1:

Tabel 1. Kriteria Validitas Produk

Interval Skor	Informasi
3,26 – X – 4,00	Valid
2,51 – X – 3,25	Cukup Valid
1,76 – X – 2,50	Kurang Valid
1,00 – X – 1,75	Tidak Valid

Kemudian untuk menguji efektivitas terhadap produk dalam kegiatan pembelajaran dibelakukan pre-test dan post-test kepada siswa kelas IX yang terdiri atas 2 kelas dengan masing-masing kelas terdiri atas 28 siswa. Hasil pretest dan posttest kemudian dianalisis melalui uji N-Gain dan uji *Paired Sample T-Test* untuk mengetahui efektifitas media pembelajaran terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Persamaan yang digunakan untuk menghitung skor N-Gain adalah:

$$N\text{-gain Score} = \frac{Skor\ Post\text{-}test - Skor\ Pretest}{Skor\ Ideal - Skor\ Pretest} \quad (2)$$

Tabel 2. Kategori Distribusi N-Gain Skor

N-gain Skor	Kategori
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Tabel 3. Interpretasi N-Gain Skor

Persen%	Interpretasi
< 40	Tidak Efektif
40 - 55	Kurang Efektif
56 – 75	Cukup Efektif
> 76	Efektif

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang dilakukan oleh peneliti dengan melakukan observasi serta wawancara terhadap guru IPA kelas IX SMP Negeri 5 Ponorogo, diperoleh hasil bahwa media pembelajaran yang diterapkan sangatlah minim. Dimana dalam pembelajaran guru serta siswa menerapkan media pembelajaran yang masih sangat terbatas hanya berupa buku paket serta video pembelajaran yang diperoleh melalui aplikasi Youtube. Selain itu, narasumber juga menyampaikan jika siswa memiliki kemampuan berpikir kritis yang cukup rendah, yaitu sebesar 70. Hal tersebut didasarkan atas data yang dimiliki narasumber terhadap nilai sumatif mata pelajaran IPA.

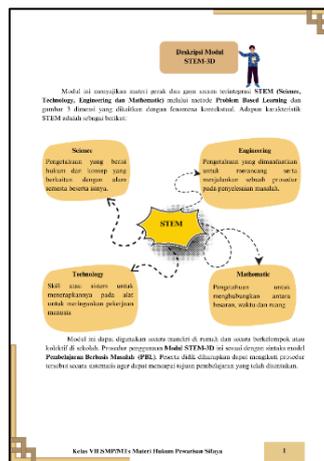
Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan, perlu adanya variasi media pembelajaran untuk mendukung siswa dalam mengembangkan serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis khususnya pada pembelajaran IPA. Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti memutuskan untuk mengembangkan media pembelajaran berupa modul. Akan tetapi perlu diberikan pembaharuan terhadap media yang akan dikembangkan baik dalam segi pendekatan maupun tampilan. Atas dasar hal tersebut, peneliti mengembangkan modul berbasis pendekatan STEM 3D berupa *Augmented Reality* (AR).

Design (Desain)

Pada tahap pendesainan, peneliti menerapkan 2 aplikasi untuk mendukung pembuatan modul berbasis STEM 3D, yaitu Canva, Essembler Education, serta Quizziz. Aplikasi Canva digunakan untuk mendesain layout pada modul, Essembler Education dimanfaatkan untuk mendesain gambar 3D, serta Quizziz untuk membuat soal kuis.



Gambar 1. Sampul Modul berbasis STEM 3D.



Gambar 2. Deskripsi modul berbasis STEM 3D



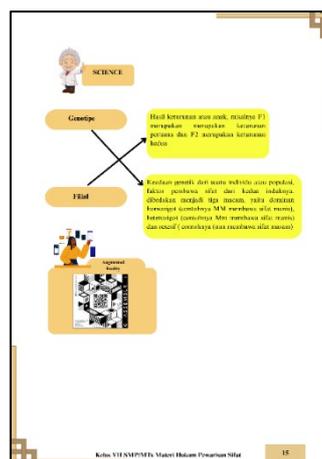
Gambar 3. Tujuan Pembelajaran



Gambar 4. Fitur Apakah Kamu Tahu



Gambar 5. Quizizz Me



Gambar 6. Augmented Reality

Media pembelajaran modul berbasis STEM 3D ini memberikan pengalaman berbeda bagi siswa. Penerapan 4 disiplin ilmu disajikan secara terpadu. Ilmu pengetahuan pada modul ini diwakili oleh materi tentang hukum pewarisan sifat, yaitu Hukum Mendel I dan II. Pada modul, materi tidak disajikan secara detail. Namun, inilah salah satu kelebihan modul ini. Dimana siswa diberikan stimulus untuk mengasah kemampuan berpikir kritis dengan fenomena kontekstual sains. Tindakan ini merupakan salah satu upaya peneliti agar siswa dapat memainkan kemampuan berpikirnya. Namun, peneliti juga tetap menyajikan materi singkat untuk memfokuskan, menstimulasi, dan memotivasi siswa terhadap permasalahan yang akan dipelajarinya. Disiplin ilmu kedua adalah teknologi. Teknologi diterapkan pada saat mendesain produk dan mengimplementasikan modul mengingat terdapat fitur 3D. Fitur 3D pada modul dapat diakses menggunakan kamera ponsel yang terhubung dengan internet dan aplikasi Assembler Edu. Hal ini dilakukan dengan memindai kode QR di modul. Apabila siswa berhasil melakukan scan barcode maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Augmented Reality Acinar Cell

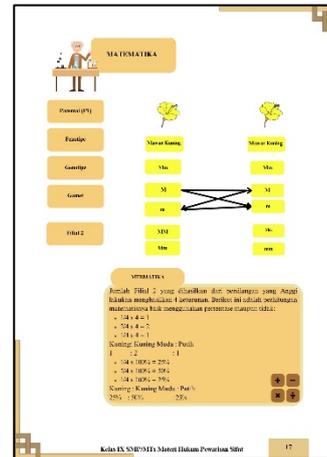
Gambar 7 menunjukkan gambar sel yang disebut sel asinar. Fitur 3D ini akan menampilkan sel asinar terlihat dalam 3 dimensi. Selain itu, fungsi utama *Augmented Reality* adalah menunjukkan lokasi materi genetik manusia. Karena biasanya untuk menampilkan materi genetik guru hanya memberikan contoh secara abstrak atau dengan menggunakan gambar 2 dimensi, maka diharapkan fitur ini dapat menambah wawasan siswa baik sains maupun teknologi. Disiplin ketiga, yaitu teknik. Teknik atau hasil rekayasa ini diterapkan pada saat merancang produk ini dan produk yang dihasilkan. Yang terakhir adalah matematika. Matematika dalam hal ini diterapkan pada materi yang berkaitan dengan penghitungan keturunan hasil persilangan 2 individu yang mempunyai sifat genetik berbeda. Selain itu matematika juga diterapkan dalam perancangan *Augmented Reality*. Peneliti memilih skala, posisi, dan rotasi pada sumbu X, Y, dan Z dengan tepat agar *Augmented Reality* dapat terlihat

dengan jelas.

Adapun untuk implementasi STEM dikolaborasikan dengan materi pembelajaran. Hal ini bertujuan agar siswa dapat memahami implementasi STEM secara langsung pada materi yang sedang dipelajari. Akan tetapi khusus untuk teknologi dan teknik tidak diterapkan seperti sains dan matematika. Teknologi dan teknik diterapkan pada saat pembuatan modul, yaitu pendesainan. Implementasi sains dan matematika dapat diketahui melalui Gambar 8 dan Gambar 9 berikut:



Gambar 8. Implementasi Sains pada Hukum II Mendel



Gambar 9. Implementasi Matematika pada persilangan Hukum I Mendel

Pada Gambar 8, implementasi sains disajikan dalam bentuk penjelasan materi berupa penjelasan terkait dengan Hukum II Mendel. Peneliti menyajikan secara ringkas terkait definisi dan bunyi Hukum II Mendel, penjelasan beda sifat 2 pada suatu persilangan serta memberikan contoh terkait dengan peristiwa persilangan. Sedangkan pada Gambar 8, memaparkan kegiatan perhitungan atau matematis pada hasil persilangan dengan beda sifat 1 atau Hukum I Mendel. Dimana dalam contohnya dijelaskan terkait dengan cara perhitungan dalam bentuk presentase maupun nonpresentase anakan yang dihasilkan dari persilangan parental mawar kuning dengan mawar putih.

Development (Pengembangan)

Produk yang telah dirancang kemudian diuji validitasnya oleh 3 orang ahli yaitu isi, desain, dan pakar media. Uji validitas bertujuan untuk mengetahui kesesuaian atau kualitas suatu produk. Validitas dilakukan dengan mengisi lembar validasi yang disediakan peneliti. Lembar validasi terdiri dari aspek penyajian (6 pernyataan), kesesuaian tampilan (9 pernyataan), kesesuaian bahasa (5 pernyataan), dan kesesuaian penggunaan dan penyajian (5 pernyataan). Berdasarkan hasil perhitungan kriteria kelayakan instrumen media pembelajaran diperoleh nilai akhir setiap validasi sebesar 3,22 dengan kategori cukup valid, 3,44 dengan kategori valid, dan 3,33 dengan kategori valid. Berdasarkan hasil validitas yang dilakukan oleh ahli materi atau konten, terlihat hasil persentase untuk aspek isi sebesar 70,8%, kesesuaian tampilan sebesar 80,5%, kesesuaian bahasa sebesar 80%, serta kegunaan dan penyajian sebesar 96%. Hasil dari keempat aspek tersebut kemudian dirata-ratakan sehingga diperoleh rata-rata sebesar 78,7%. Hasil rata-rata tersebut menyatakan bahwa modul 3D berbasis STEM ini “layak” dan dapat diujikan kepada siswa. Persentase lengkap ahli materi tercantum dan dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4 Presentase Validitas Ahli Materi

Aspek	Hasil Validitas	
	Skor	Rata-Rata%
Isi	17	70%
Tampilan	29	80,5%
Bahasa	16	80%
Kepraktisan dan Penggunaan	27	96%

Kegiatan validitas kemudian dilakukan oleh ahli media pembelajaran. Berdasarkan kegiatan validitas yang telah dilakukan, aspek isi memperoleh persentase sebesar 83,3%, aspek kesesuaian tampilan 94,4%, aspek kesesuaian bahasa 85%, dan aspek kegunaan dan penyajian 67,8%. Jadi rata-rata persentase seluruh aspek yang diperoleh sebesar 82,6%. Hasil detail validitas media dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5 Presentase Validitas Ahli Media

Aspek	Hasil Validitas	
	Skor	Rata-Rata%
Isi	20	83,3%
Tampilan	34	94,4%
Bahasa	17	85%
Kepraktisan dan Penggunaan	23	83,5%

Validitas akhir dilakukan oleh ahli bahasa. Dari kegiatan validitas ini diperoleh hasil untuk aspek isi atau materi sebesar 87,5%, aspek kesesuaian tampilan sebesar 88,8%, kesesuaian bahasa sebesar 80%, dan kesesuaian penggunaan sebesar 75%. Rata-rata persentase keempat aspek tersebut adalah sebesar 82,8% dan dari persentase tersebut produk dapat dikatakan layak dan dapat diterapkan atau diujicobakan pada siswa. Berikut rincian hasil persentasenya menurut ahli bahasa:

Tabel 6. Presentase Validitas Ahli Bahasa

Aspek	Hasil Validitas	
	Skor	Rata-Rata%
Isi	21	87,5%
Tampilan	32	88,8%
Bahasa	16	80%
Penggunaan dan Kepraktisan	21	75%

Implementation (Implementasi) dan Evaluation (Evaluasi)

Setelah dilakukan uji validitas, Modul berbasis STEM 3D kemudian diimplementasikan kepada siswa. Modul tersebut diimplementasikan di kelas IX A dan IX B dengan masing-masing berjumlah 28 orang. Kemudian siswa mendapatkan sebuah angket responsive untuk mengetahui respon siswa terhadap modul yang telah dikembangkan. Adapun siswa diminta untuk menanggapi 5 aspek yaitu penyajian (6 pernyataan), isi (5 pernyataan), bahasa (5 pernyataan), keterbacaan (3 pernyataan) dan keamanan (2 pernyataan). Berdasarkan hasil angket responsif siswa terlihat bahwa modul yang dikembangkan mendapat respon positif. Sebanyak 94% siswa menjawab setuju terhadap keefektifan tampilan modul dan 6% tidak setuju mengenai keefektifan tampilan yang diberikan. Kemudian pada aspek isi 100% siswa memberikan respon setuju, pada aspek bahasa 97% siswa setuju dan 3% siswa tidak setuju dan respon terakhir pada aspek keamanan dimana 100% siswa memberikan respon setuju.

Sebagai tindak lanjut atas penerapan modul tersebut dilakukan kegiatan evaluasi. Evaluasi yang dilakukan adalah untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis

serta efektivitas dari modul yang diimplementasikan kepada siswa. Kegiatan evaluasi dilakukan dengan memberikan soal post-test berjumlah 10 butir pertanyaan dalam bentuk pilihan ganda. Dimana setiap butirnya memuat indikator kemampuan berpikir kritis, yaitu evaluasi, analisis, interpretasi, eksplanasi serta inferensi. Hasil post-test tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan N-Gain. Adapun hasil analisis post-test dapat diketahui melalui tabel 7.

Tabel 7. Kriteria N-Gain *pre-test* dan *post-test* kemampuan berpikir kritis

Kelompok	Nilai		N-Gain	Keterangan
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>		
Eksperimen	64	83,5	0,56	Sedang

Berdasarkan hasil *pre-test* yang dilakukan diketahui bahwasannya nilai rata-rata modul berbasis 3D STEM memang diperoleh sebesar 64 dan *post-test* sebesar 83,5. Sedangkan untuk uji N-Gain diperoleh skor sebesar 0,56. Skor tersebut termasuk ke dalam kategori sedang.

Tabel 8. Kriteria N-gain Kemampuan Berpikir Kritis

Indikator	N-Gain	Kategori
Evaluasi	0,6	Sedang
Analisis	0,5	Sedang
Interpretasi	0,71	Tinggi
Eksplanasi	0,6	Sedang
Inferensi	0,3	Sedang

Berdasarkan uji N-Gain yang terdapat pada tabel 8 diketahui bahwasannya skor yang diperoleh masing-masing indikator kemampuan berpikir kritis adalah evaluasi 0,6 (sedang), analisis 0,5 (sedang), interpretasi 0,71 (tinggi), evaluasi 0,6 (sedang) dan inferensi sebesar 0,3 (sedang). Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata skor N-Gain termasuk ke dalam kategori sedang. Dimana menurut perhitungan pada tabel 8, skor N-Gain tertinggi diperoleh indikator inferensi dan skor indikator terendah diperoleh indikator interpretasi.

Indikator inferensi mendapatkan skor yang paling rendah dibandingkan dengan indikator yang lainnya. Meskipun demikian indikator ini masih termasuk ke dalam kategori efek sedang dalam uji N-Gain. Inferensi merupakan indikator kemampuan berpikir kritis yang mengarahkan siswa dalam mengategorikan serta memperoleh bagian-bagian atau data-data penting yang kemudian dimanfaatkan untuk membuat kesimpulan atas suatu permasalahan (Ariani, 2020). Selain itu pada indikator ini siswa akan belajar mengambil suatu keputusan yang rasional, logis, dan dapat diterima dengan mempertimbangkannya dengan referensi atau sumber informasi yang relevan dan dapat mendukung keputusan yang telah diambil (Benyamin et al., 2021; Sarwanto et al., 2021; Sukarno et al., 2019). Berdasarkan hasil *post-test* yang dilakukan, siswa masih cukup kesulitan dalam mengambil keputusan atau menarik kesimpulan melalui data-data yang telah diperoleh.

Siswa juga mendapatkan skor yang cukup rendah pada indikator analisis, yaitu sebesar 0,5 dengan kategori peningkatan sedang. Soal yang memuat indikator analisis merupakan soal yang membutuhkan kemampuan berpikir dengan mendalam terlebih dalam menganalisis suatu permasalahan yang disajikan dalam bentuk narasi. Saat melakukan analisis, siswa harus mampu mengkolaborasikan kemampuan lain untuk mendukung penyelidikan yang dilakukan. Dalam hal ini, siswa menghubungkan argumen atau pendapat dengan fakta berupa data atau informasi lain, konsep yang telah dibentuk, dan menyimpulkan rangkaian tindakan yang telah dilakukan sehingga akan dihasilkan keputusan yang tepat dan valid (Agnafia, 2019; Mayarni & Yulianti, 2020). Maka dari itu, siswa perlu konsentrasi dan fokus yang cukup agar

mengetahui arah permasalahan serta solusi seperti apa yang harus diambil terhadap permasalahan tersebut.

Pada indikator evaluasi dan eksplanasi diperoleh skor yang lebih baik dibandingkan dengan inferensi serta analisis akan tetapi tidak lebih baik skor yang diperoleh indikator interpretasi. Dimana skor yang diperoleh pada indikator interpretasi sebesar 0,71. Berdasarkan nilai pre-test dan post-test rata-rata siswa dapat menyelesaikan dengan baik. Selain dalam pre-test dan post-test, siswa juga dapat memahami dan menjawab soal yang memuat permasalahan kontekstual berpendekatan STEM bermuatan indikator interpretasi. Hal ini menandakan bahwa siswa dapat memaknai dan menguraikan permasalahan yang dihadapi. Seseorang dikatakan menguasai indikator interpretasi apabila mampu menginterpretasikan serta menjelaskan makna pada persoalan yang dikerjakan . memaknai serta menjelaskan permasalahan yang dihadapi (Suriati et al., 2021).

Tabel 9. Paired Sample T-Test Pre-Test dan Post-test

Uraian	Std.Dev	t	Sig	Ket
Pre-test	12.905	-8,054	0.000	Ho ditolak
Post-test				

Berdasarkan hasil uji *Paired Sample T-Test*, yang terdapat pada tabel 2 diketahui nilai $t = -8,054$ serta nilai probabilitas atau signifikansi = 0.000. Sehingga $p\text{-value} < 0,05$ yang kemudian mengakibatkan H_0 ditolak dan H_1 diterima, yaitu terdapat suatu perbedaan bersifat signifikan antara nilai pre-test (sebelum implementasi Modul Berbasis STEM 3D) dan post-test (setelah implementasi Modul Berbasis STEM 3D). Melalui hasil uji *Paired Sample T-Test* ini modul dinyatakan efektif untuk diterapkan untuk kegiatan pembelajaran dengan fokus untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Modul efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis apabila modul tersebut memberikan kebaharuan serta kelebihan tertentu, sehingga siswa dapat belajar dengan optimal serta bertanggung jawab untuk mencapai kemajuan dan kemampuan tertentu (N. I. Fitriani & Setiawan, 2017). Sehingga siswa tertarik untuk belajar.

Selain kebaharuan, modul yang digunakan dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis memiliki ciri khas lainnya dimana hal tersebut kemudian menjadi keunggulan modul dibanding dengan modul yang lainnya, yaitu mendorong kemampuan kemampuan berpikir melalui permasalahan-permasalahan yang ada. Dimana suatu modul dikatakan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis apabila isi modul tersebut dapat mendorong siswa dalam berpikir baik dalam menganalisis maupun memberikan evaluasi data atau informasi (Wijayanti et al., 2016). Karakteristik tersebut sesuai dengan karakteristik yang terdapat pada modul berbasis STEM 3D. Modul berbasis STEM 3D menyajikan permasalahan-permasalahan yang memuat kontekstualitas dengan kehidupan siswa, sehingga siswa dapat termotivasi untuk berpikir kritis. Melalui permasalahan kontekstual, siswa akan belajar menggunakan kemampuan berpikirnya dalam menyelesaikan permasalahan yang ada berdasarkan pengalaman yang sudah didapatkan sebelumnya (Muhartini et al., 2023).

Kemampuan berpikir kritis dapat berkembang dan meningkat apabila faktor-faktor penghambatnya dapat diatasi dengan baik dan salah satunya adalah jenis media pembelajaran yang diterapkan dalam kegiatan pembelajaran. Pembelajaran yang inovatif dan interaktif dapat membantu siswa mengembangkan dan meningkatkan kemampuan berpikir kritisnya (Devi & Bayu, 2020; Ratnawati et al., 2020). Tampilan media pembelajaran yang unik dan penambahan fitur-fitur baru akan menarik minat siswa untuk belajar. Jadi dalam hal ini motivasi belajar siswa linier dengan kemampuan berpikir kritisnya (Lidawa et al., 2021; Sumartono & Mardiana, 2022). Semakin tinggi motivasi belajar siswa maka kemampuan berpikir kritisnya

akan semakin baik (Ambarwati et al., 2021; Lestari & Farhurohman, 2020). Selain itu, penyajian materi dan penambahan soal latihan yang memuat keterampilan berpikir kritis juga efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis (Faridah & Artono, 2019; Nugraha et al., 2022). Pada modul berbasis STEM 3D, materi disajikan secara mendalam dengan mengaitkannya dengan pendekatan STEM. Selain itu, soal-soal yang memuat indikator kemampuan berpikir kritis juga disajikan dalam bentuk kuis atau uji kompetensi. Tujuan penyajian soal dalam bentuk kuis adalah agar siswa dapat mengoptimalkan kemampuan berpikir kritisnya dalam jangka waktu tertentu. Oleh karena itu, diharapkan modul berbasis STEM 3D ini selain sebagai referensi media pembelajaran juga dapat dimanfaatkan oleh siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritisnya melalui berbagai cara, baik melalui *Augmented Reality* (AR), soal esai dengan indikator kemampuan berpikir kritis, permasalahan kontekstual dalam bentuk STEM, serta kuis online. Meskipun pada penerapannya sudah cukup baik, modul yang dikembangkan juga tidak lepas dari berbagai kekurangan. Penyajian materi pada modul yang dikembangkan masih sangat singkat. Selain itu, fitur 3D yang ditampilkan masih sangat sederhana. Sehingga pada penelitian berikutnya diharapkan pemaparan materi dapat diberikan lebih mendetail serta fitur 3D dikembangkan lebih maksimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, modul media pembelajaran berbasis 3D STEM yang dikembangkan mempunyai kriteria valid dan layak untuk diterapkan. Hal ini berdasarkan hasil validitas ahli dan angket responsif siswa. Penerapan modul berbasis STEM 3D memberikan dampak positif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa mengenai hukum pewarisan sifat. Dimana keberadaan modul berbasis STEM 3D dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dengan rata-rata skor N-Gain sebesar 0,56 dengan kategori sedang. Selain itu, berdasarkan uji t-2-tailed diperoleh hasil signifikansi $0.000 < 0.005$ sehingga dengan demikian modul berbasis STEM 3D efektif untuk diterapkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa terutama pada hukum pewarisan sifat. Meskipun demikian penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan baik dalam penyampaian materi maupun fitur 3D (*Augmented Reality*). Pada modul yang dikembangkan materi disampaikan terlalu singkat sehingga siswa cukup kesulitan dalam memahami. Sedangkan untuk fitur 3D, peneliti hanya menampilkan gambar 3D sederhana berupa sel asinar untuk menunjukkan letak DNA. Pada penelitian berikutnya diharapkan pemaparan materi dapat diuraikan dengan mendetail serta fitur 3D dibuat lebih menarik sehingga siswa dapat belajar lebih banyak dari fitur 3D yang ditampilkan.

REFERENSI

- Adli, M., Sulistiyono, M., Sudiby, T., & Bernadhed, B. (2022). Analisis Dan Pengembangan Media Pembelajaran Tentang Pengenalan Benda Disekitar Sekolah Berbasis Augmented Reality Menggunakan Unity Di Paud Labiba Maulida Boyolali. *Respati*, 17(2), 30. <https://doi.org/10.35842/jtir.v17i2.455>
- Agnafia, D. N. (2019). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Dalam Pembelajaran Biologi. *Florea*, 6(1), 45–53.
- Alfika, Z. A., Mayasari, T., & Kurniadi, E. (2019). Modul STEM Berbasis Pemecahan Masalah dengan Tema Rumah Kaca. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1).
- Ambarwati, S., Suhartono, S., & Nurhasanah, N. (2021). Pengaruh Kepercayaan Diri dan Motivasi Belajar terhadap Kemampuan Berpikir Kritis pada Siswa Sekolah Dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(4), 1974–1984. <https://edukatif.org/index.php/edukatif/article/view/1047>
- Ariani, T. (2020). Analysis of Students' Critical Thinking Skills in Physics Problems. *Kasuari*:

- Physics Education Journal*, 3(1), 1–17.
- Benyamin, Qohar, A., & Sulandra, I. M. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas X Dalam Memecahkan Masalah SPLTV. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 05(02), 909–922.
- Devi, P. S., & Bayu, G. W. (2020). Berpikir Kritis dan Hasil Belajar IPA Melalui Pembelajaran Problem Based Learning Berbantuan Media Visual. *Mimbar PGSD Undiksha*, 8(2), 238–252. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPGSD/article/view/26525>
- Faridah, E., & Artono. (2019). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa melalui soal-soal HOTS (higher order thinking skills) mata pelajaran sejarah kelas X-IPS SMAN 2 Sidoarjo. *Avatara: E-Journal Pendidikan Sejarah*, 7(3), 1–5. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/avatara/article/view/29409>
- Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers and Education*, 142(May), 103635. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635>
- Fitriani, E. (2023). Effect of The STEM Integrated Physics E-Modules to Improve Critical Thinking Ability. *Physics Learning and Education*, 15(1), 124–129.
- Fitriani, N. I., & Setiawan, B. (2017). Efektivitas Modul IPA Berbasis Etnosains Terhadap Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2(2), 71–76.
- Haristah, H., Azka, A., Setyawati, R. D., & Albab, I. U. (2019). Pengembangan Modul Pembelajaran. *Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 1(5), 224–236.
- Idris, N. W., Usman, & Subaer. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 16(1), 39–50.
- Inayah, R., Aswirna, P., & Asrar, A. (2022). Pengembangan E-Modul Berbasis Etno-Keterampilan Komunikasi Peserta Didik. *Journal Cerdas Mahasiswa*, 4(2), 189–200.
- Irma, E., Davidi, N., Sennen, E., & Supardi, K. (2016). Integrasi Pendekatan STEM (Science , Technology , Enggeenering and Mathematic) Untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 11(1), 24–31.
- Kawete, M., Gumolung, D., & Aloanis, A. (2022). Pengembangan Video Pembelajaran Materi Ikatan Kimia dengan Model ADDIE Sebagai Penunjang Pembelajaran di Masa Pandemi Covid-19. *Oxygenius Journal Of Chemistry Education*, 4(1), 63. <https://doi.org/10.37033/ojce.v4i1.374>
- Khoiri, A., Evalina, Komariah, N., Utami, R. T., Paramarta, V., Siswandi, Janudin, & Sunarsi, D. (2021). 4Cs Analysis of 21st Century Skills-Based School Areas. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012142>
- Lestari, D. A., & Farhurohman, O. (2020). Pengaruh Media Pop-Up Book Terhadap Motivasi Belajar Dan Kemampuan Berpikir Pada Siswa Kelas Iv Min 1 Serang. *Keilmuan Dan Kependidikan Dasar*, 12(2), 155–166. <http://jurnal.uinbanten.ac.id/index.php/primary/article/view/3700/2786>
- Lidawa, U. M., Hi, R. M., & Salim, A. (2021). Pengaruh Motivasi Dan Kemandirian Belajar Siswa Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Menggunakan Media Animasi. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 6(2), 77–81. <https://doi.org/10.33387/saintifik.v6i2.3890>
- López-Faicán, L., & Jaen, J. (2020). EmoFindAR: Evaluation of a mobile multiplayer augmented reality game for primary school children. *Computers and Education*, 149(January). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103814>
- Mayarni, & Yulianti, Y. (2020). Hubungan antara Kemampuan Berpikir Kritis dengan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa pada Materi Ekologi. *Journal of Science Education*, 4(3), 39–45.

- Muhartini, Mansur, A., & Bakar, A. (2023). Pembelajaran Kontekstual dan Pembelajaran Problem Based Learning. *Jurnal Inovasi Ilmu Pendidikan*, 1(1), 66–77.
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 34–45. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819>
- Novitasari, Febriyanti, R., & Wulandari, I. A. (2022). Efektivitas LKS Berbasis Etnomatematika dengan Pendekatan STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 4(1), 57–66.
- Nugraha, M. S., Rosdianto, H., & Sulistri, E. (2022). Korelasi Antara Pemahaman Konsep Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Phi Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 3(3), 29. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v3i3.14843>
- Orhan, A. (2023). Fake news detection on social media : the predictive role of university students ' critical thinking dispositions and new media literacy. *Springer*, 10(29). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00248-8>
- Osadchy, V. V., Valko, N. V., & Kuzmich, L. V. (2021). Using augmented reality technologies for STEM education organization. *Journal of Physics: Conference Series*, 1840(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012027>
- Ratnawati, D., Handayani, I., & Hadi, W. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Pbl Berbantu Question Card Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Smp. *Edumatica : Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(01), 44–51. <https://doi.org/10.22437/edumatica.v10i01.7683>
- Saputra, M. D., Joyoatmojo, S., Wardani, D. K., & Sangka, K. B. (2019). Developing Critical-Thinking Skills through the Collaboration of Jigsaw Model with Problem-Based Learning Model. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1077–1094.
- Sarwanto, Fajari, L. E. W., & Chumdari. (2021). Critical Thinking Skills And Their Impacts On Elementary School Students. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 18(2), 161–187.
- Sukarno, Dyah, J., & Rahayu, E. (2019). The Video Learning Based On Local Wisdom And Students Critical Thinking. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 8(12).
- Sumartono, S., & Mardiana, N. (2022). Pengaruh Motivasi Dan Kemandirian Belajar Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Dengan Pendekatan Model Pembelajaran Eliciting Activities (Studi Kasus Smp Dharma Wanita Taman, Sidoarjo). *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 1(8), 1535–1542. <https://doi.org/10.54443/sibatik.v1i8.202>
- Suriati, A., Sundaygara, C., & Kurniawati, M. (2021). Analisis kemampuan berpikir kritis pada siswa kelas x sma islam kepanjen. *Jurnal Terapan Sains & Teknologi*, 3(3), 176–185.
- Vacide Erdoğan. (2019). Integrating 4C Skills of 21st Century into 4 Language Skills in EFL Classes. *International Journal of Education and Research*, 7(11), 113–127. www.ijern.com
- Wahyu, Y., Suastra, I. W., Sadia, I. W., & Suarni, N. K. (2020). The effectiveness of mobile augmented reality assisted STEM-based learning on scientific literacy and students' achievement. *International Journal of Instruction*, 13(3), 343–356. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13324a>
- Widya, Rifandi, R., & Laila Rahmi, Y. (2019). STEM education to fulfil the 21st century demand: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012208>
- Wijayanti, T. F., Prayitno, B. A., & Sunarto. (2016). Argument Mapping Pada Materi Sistem Pernapasan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI SMA

Negeri 5 Surakarta. *Jurnal Inkuiri*, 5(1), 105–111.

Wulansari, R. E., Puyada, D., Wijaya, I., & Rukun, K. (2017). Effectiveness Of Instructional Media Based Game On Mathematics At Vocational High School. *International Journal of Research Science & Management*, 4(12), 125–128.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.1134077>