



## Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ) Universitas Papua

website: <https://journal.fkip.unipa.org/index.php/kpej>



### Development of Interactive E-modules Using Problem Based Learning Model the Independent Curriculum to Entrance High School Student Critical Thinking Skills

Yelsi Apriani\*, Rosane Medriati, & Iwan Setiawan

Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

\*Corresponding author: uumkmbcakopisaraku@gmail.com

**Abstract:** This research focuses on evaluating the feasibility, student responses, and the enhancement of critical thinking skills among high school learners through the use of a Problem-Based Learning (PBL) interactive e-module centered on heat and thermodynamics. Utilizing the Research and Development (R&D) approach through the ADDIE framework, which comprises five distinct phases: analysis, design, development, implementation, and evaluation, the study employed various instruments like observations, interviews, questionnaires, and assessments of critical thinking skills. The findings indicated that the interactive e-module is highly feasible, achieving a score of 87.96%. Student feedback regarding the e-module was also overwhelmingly positive at 82.24%. Furthermore, the assessment of critical thinking enhancements indicated a significant improvement, with an N-Gain of 0.71 categorized as high when comparing pretest and posttest scores. In summary, the interactive e-module developed under the PBL framework is not only appropriate for testing but also significantly boosts students' critical thinking abilities.

**Keywords:** critical thinking, heyzine flipbook, heat and thermodynamics, interactive learning media, problem-based learning

### Pengembangan E-modul Interaktif Model Problem Based Learning Kurikulum Merdeka untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kelayakan, respon dan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa SMA terkait e-modul interaktif berbasis Problem Based Learning materi kalor dan termodinamika. Metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE, yang mencakup lima tahap: analysis, design, development, implementation, and evaluation. Instrumen pengembangan meliputi observasi, wawancara, angket dan tes kemampuan berpikir kritis. Hasil ujicoba kelayakan e-modul interaktif yang dikembangkan dikategorikan sangat layak dengan hasil rata-rata persentase dari tiga validator yaitu 87,96%. Respon siswa terhadap e-modul interaktif dikategorikan sangat baik dengan persentase 82,24%. Hasil perhitungan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada e-modul interaktif dengan nilai N-Gain berupa pretest-posttest dikategorikan tinggi dengan persentase 0,71. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa e-modul interaktif model Problem Based Learning yang dikembangkan sangat layak untuk diujicobakan, respon siswa terhadap e-modul yang dikembangkan sangat baik dan e-modul yang dikembangkan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa yang tinggi.

**Kata kunci:** berpikir kritis, heyzine flipbook, kalor dan termodinamika, media pembelajaran interaktif, problem based learning

## PENDAHULUAN

Fisika adalah mata pelajaran yang menggunakan penggabungan antara konsep fisika dan penggunaan persamaan matematika untuk menyelesaikan masalah, yang kemudian dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari (Sofianto et al., 2020). Saat ini, dalam proses pembelajaran fisika di kelas, para guru cenderung mengandalkan buku cetak yang berisi materi dan kumpulan soal, yang berdampak pada rendahnya minat siswa untuk belajar. Proses pembelajaran yang dilakukan oleh guru masih bersifat sederhana, siswa diberikan sedikit kesempatan untuk mengembangkan kemampuan berpikir mereka. Pembelajaran fisika memerlukan kemampuan pemahaman materi yang baik agar peserta didik mampu memecahkan permasalahan dalam fisika. Tanpa kemampuan berpikir kritis dengan baik, siswa akan lebih kesulitan dalam memecahkan persoalan yang berhubungan dengan ilmu alam seperti fisika. Dalam konteks akademis, siswa tidak hanya diwajibkan untuk berpikir pada tingkat rendah, tetapi juga pada tingkat tinggi, sehingga mereka dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis yang harus terus diasah (Ansori et al., 2019)

Berpikir kritis merupakan kemampuan untuk berpikir secara mendalam dan menerapkan proses analisis serta evaluasi. Hal ini mencakup keterampilan berpikir induktif, seperti mengidentifikasi pola hubungan, menganalisis permasalahan yang memiliki beragam kemungkinan solusi, menetapkan hubungan sebab-akibat, menarik kesimpulan, serta mempertimbangkan data yang relevan (Hidayat et al., 2022). Kemampuan berpikir kritis adalah suatu kemampuan belajar level yang lebih kompleks yang berguna untuk menganalisis fakta dengan menggunakan proses analisis dan evaluasi, yang melibatkan kemampuan berpikir secara induktif guna untuk menganalisis suatu permasalahan dan kemungkinan menemukan suatu penyelesaian. Menurut Ennis (2011) bahwa orang yang berpikir kritis idenya memiliki beberapa kriteria atau elemen dasar yang dikenal dengan singkatan FRISCO. Adapun pada jurnal (Lidiawati et al., 2022), indikator berpikir kritis FRISCO, dari penelitiannya Ennis 2018 yaitu *Focus* (fokus), *Reason* (alasan), *Inference* (kesimpulan), *Situation* (situasi), *Clarity* (kejelasan) dan *Overview* (mengecek kembali). Guru fisika diharuskan untuk memahami cara-cara penyelenggaraan pembelajaran fisika yang efektif dan sesuai dengan panduan kurikulum yang ditetapkan, agar dapat mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan (Fadilah et al., 2022).

Kurikulum adalah suatu rencana yang mencakup pengalaman belajar yang berfungsi sebagai pedoman dalam perencanaan, pelaksanaan, penyebarluasan, dan pengembangan kurikulum tersebut. Tujuannya adalah untuk mengubah materi pendidikan menjadi pengalaman belajar yang nyata. Profil Pelajar Pancasila, yang meliputi salah satu kemampuan penting yaitu berpikir kritis (Malikah et al., 2022). Kurikulum merdeka dirancang untuk mengejar ketertinggalan didalam literasi dan numerasi. Maka guru diharapkan dapat berfungsi sebagai tutor, fasilitator, dan sumber inspirasi bagi siswa agar termotivasi menjadi pelajar yang aktif, kreatif, dan inovatif (Anggereni et al., 2021). Masih banyak guru yang merasa bingung dalam mengembangkan pembelajaran sesuai dengan Kurikulum Merdeka serta memilih model pembelajaran yang tepat. Salah satu model pembelajaran yang sangat sesuai untuk Kurikulum Merdeka adalah *Problem-Based Learning* (Setiani et al., 2024). Salah satu metode pembelajaran yang diterapkan untuk materi masalah sosial di lingkungan sekitar adalah model pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*). Metode ini digunakan dalam berbagai bidang studi ilmu sosial dan telah diperkenalkan oleh Barrows dan Tamblyn pada akhir abad ke-20 (Ruslaini et al., 2024).

*Problem Based Learning* (PBL) adalah suatu metode pembelajaran yang berorientasi pada konteks, di mana masalah dijadikan sebagai inti dari proses pembelajaran. Salah satu manfaat dari penerapan PBL adalah dapat meningkatkan keterampilan analisis peserta

didik, memberikan mereka kesempatan untuk berlatih berpikir secara kritis dalam suatu konteks dan mendapatkan keterampilan untuk memecahkan masalah (Mayasari et al., 2022). Langkah-langkah dalam pembelajaran PBL yaitu meliputi (1) orientasi siswa pada masalah, (2) mengorganisasi siswa, (3) membimbing penyelidikan, (4) mengembangkan dan menyajikan hasil (5) menganalisis dan mengevaluasi. Penggunaan buku cetak dan lembar kerja siswa (LKS) sebagai sumber belajar juga membuat proses pembelajaran menjadi kurang interaktif. Ketidak aktifan dalam pembelajaran ini dapat mempengaruhi kemampuan berpikir kreatif peserta didik (Utari et al., 2023). Perpaduan antara model pembelajaran PBL dengan sumber belajar berupa media digital, efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa (Patabang et al., 2020). Salah satu alternatif sumber belajar yang dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran di kelas adalah modul.

Modul adalah jenis buku yang dirancang untuk memungkinkan peserta didik belajar mandiri tanpa perlu bimbingan langsung dari guru. Tujuan pembuatan modul adalah untuk meningkatkan motivasi belajar siswa, serta untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif mereka. Dengan memanfaatkan modul, siswa dapat belajar secara mandiri, disesuaikan dengan kemampuan, pengalaman, dan pemahaman materi yang telah mereka raih, baik secara mandiri maupun dengan bimbingan dari guru (Putri & Syafriani, 2022). Penyajian materi pembelajaran dalam bentuk digital atau elektronik sering disebut sebagai Modul Elektronik atau *e-modul*. *e-modul* adalah informasi atau naskah yang direkam dalam format buku secara elektronik, yang disimpan dalam media penyimpanan data dan dapat diakses melalui komputer atau perangkat pembaca *e-book*. Bahan terbuka dalam bentuk *e-modul* ini juga dapat dikembangkan menjadi media pembelajaran interaktif, yang dikenal sebagai *e-modul* interaktif (Sidiq et al., 2020).

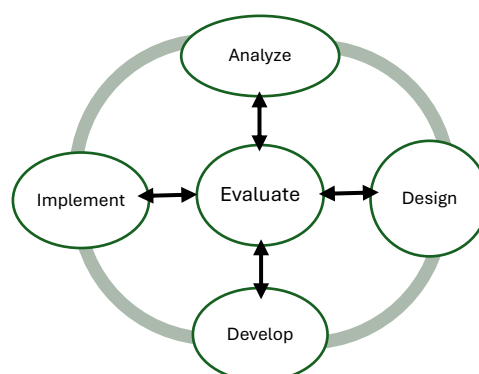
Modul elektronik merupakan sebuah cara penyampaian materi pembelajaran yang dirancang untuk pembelajaran secara mandiri. Modul ini disusun secara sistematis menjadi unit-unit pembelajaran terkecil untuk mencapai tujuan tertentu. Penyajiannya dalam format elektronik mencakup berbagai elemen seperti animasi, audio, dan navigasi, yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan program secara lebih aktif (Latifah et al., 2020). Proses pembelajaran biasanya dilakukan dengan menyesuaikan terhadap kurikulum yang sedang diterapkan melalui penggunaan media pembelajaran yang tepat. Media pembelajaran salah satunya media digital diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengajarkan materi fisika yang abstrak (Swandi et al., 2021). Media pembelajaran memiliki fungsi sebagai sumber belajar yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan edukasi tertentu, yang disajikan dalam bentuk elektronik, bentuk atau format ini mencakup animasi audio dan panduan navigasi sehingga meningkatkan interaktivitas bagi seorang pengguna (Wulandari & Sulistyowati, 2022). *e-modul* interaktif adalah media pembelajaran yang menyajikan materi dalam bentuk teks, Gambar, audio, dan video dalam format digital. *e-modul* ini berfungsi sebagai sumber belajar yang mengandung pokok bahasan, strategi pembelajaran, serta langkah-langkah untuk mengevaluasi proses pembelajaran, sehingga tercipta interaksi yang aktif antara individu yang berkomunikasi melalui media pembelajaran tersebut. *Heyzine Flipbook* adalah sebuah aplikasi yang dapat membuat proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan efisien (Hidayat et al., 2023). *e-modul* yang dirancang memungkinkan untuk menyertakan video, Gambar, grafik, suara, dan tautan, sehingga *e-modul* tersebut dapat menjadi lebih menarik. Siswa dapat membaca seolah-olah mereka membuka buku fisik, karena terdapat efek animasi yang membuat perpindahan halaman tampak seperti membuka buku secara nyata (Erawati et al., 2022). *Heyzine Flipbook* membuat media pembelajaran lebih interaktif dengan adanya elemen seperti animasi bergerak, video, dan audio (Kismawati et al., 2022). Materi pembelajaran berbasis *Heyzine Flipbook* digital digunakan sebagai salah satu sarana yang menarik minat

siswa. Alat ini memiliki potensi untuk meningkatkan interaksi dan keterlibatan siswa. Untuk memahami seberapa baik guru menguasai materi pembelajaran digital yang mereka katakan kepada siswa, serta untuk menyiarkan bagaimana penggunaan materi tersebut berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis siswa (Fitriyanti et al., 2024). *Heyzine Flipbook* dimanfaatkan untuk membuat *e-modul* interaktif, *e-modul* yang dikembangkan terdapat video dan *Quizz* pembelajaran didalam juga terdapat pertanyaan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pertanyaannya dirancang untuk bisa dijawab langsung oleh siswa. Adanya *e-modul* interaktif ini menjadi inovasi baru dalam proses pembelajaran. Sehingga melalui *e-modul* interaktif siswa tidak merasa bosan saat melakukan pembelajaran.

Hasil observasi awal dan survey angket di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu, kurikulum yang diterapkan di sekolah tersebut adalah Kurikulum Merdeka dan model pembelajaran yang digunakan yaitu konvensional biasa, PJB dan PBL. Dalam proses pembelajaran, guru menggunakan berbagai sumber bahan ajar seperti: PowerPoint, buku cetak, buku pegangan, internet, dan lembar kerja peserta didik. Sebagian besar siswa merasa bosan saat belajar menggunakan modul cetak, meskipun fasilitas internet di sekolah tersedia. Hal ini memberikan kesempatan bagi guru untuk mengembangkan modul cetak ke dalam bentuk modul elektronik, sehingga materi pelajaran dapat disajikan dengan cara yang lebih bervariasi, menarik, dan interaktif. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai penggunaan *e-modul* interaktif dengan model *Problem Based Learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan kelayakan, respon dan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa SMA terkait *e-modul* interaktif berbasis *Problem Based Learning* materi kalor dan termodinamika.

## METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah ADDIE. Model ADDIE memiliki lima tahap, yaitu *Analyze* (Analisis), *Design* (Perencanaan), *Development* (pengembangan), *Implementation* (penerapan) dan *Evaluation* (Evaluasi) (Arincia et al., 2019). Model pengembangan ADDIE dapat dilihat pada Gambar 1:



**Gambar 1.** Model Pengembangan ADDIE

Pengembangan *e-modul* interaktif dengan menggunakan model pembelajaran berbasis masalah pada kurikulum merdeka bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Langkah awal yang dilakukan adalah analisis kebutuhan untuk *e-modul* interaktif. Subjek penelitian ini melibatkan 33 siswa kelas XI IPA di SMAN 2 Kota Bengkulu. Alat pengumpul data yang digunakan mencakup observasi, kuesioner, dan ujian

kemampuan berpikir kritis. Pada tahap validasi media, penilaian dilakukan oleh 3 evaluator. Berikut adalah rincian butir penilaian validitas media pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Butir Penilaian Validasi *E-modul*

| Variabel                          | Aspek                     | Nomor Butir             | Jumlah Butir |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------|
| Komponen Validitas <i>E-modul</i> | Isi                       | 1,2,3,4,5,6             | 6            |
|                                   | Penyajian                 | 7,8,9,10                | 4            |
|                                   | Bahasa                    | 11,12,13,14,15          | 5            |
|                                   | Media                     | 16,17,18,19,20,21,22,23 | 8            |
|                                   | Kemampuan Berpikir kritis | 24,25,26,27,28,29       | 6            |
| Total                             |                           |                         | 29           |

Terdapat tes kemampuan berpikir kritis terdiri dari lembar *pretest* dan *posttes*, yang akan diberikan kepada siswa sebelum kegiatan belajar dimulai (*pretest*) dan setelah pelaksanaan pembelajaran (*posttes*). Pemberian tes ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa selama proses belajar berlangsung. Mengingat pentingnya peningkatan kemampuan berpikir kritis bagi siswa dalam belajar materi fisika.

Analisis data merupakan serangkaian kegiatan mengolah data yang telah dikumpulkan sebelumnya menjadi seperangkat hasil, baik dalam penemuan-penemuan penelitian baru maupun dalam bentuk kebenaran hipotesa. Teknik analisis data deskriptif kuantitatif dan kualitatif digunakan dalam pengumpulan data (Sugiyono, 2017). Teknik analisis data lembar validasi media dilakukan dengan analisis deskriptif kualitatif, Sementara teknik analisis deskriptif kuantitatif dilakukan dengan cara perhitungan persentase skor validasi kemudian membandingkan jumlah skor perolehan dengan skor maksimum validasi. Berikut persamaan yang digunakan dalam perhitungan angket lembar validasi media.

$$\text{Presentase} = \frac{\text{Skor perolehan}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100\% \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan 1 akan diperoleh skor penilaian dari pengumpulan data melalui lembar Angket validasi media. Selanjutnya, skor yang didapat akan diubah ke dalam kategori kelayakan media dapat dilihat pada Tabel 2:

**Tabel 2.** Skor Skala Likert kelayakan *E-modul*

| Skor (%) | Keterangan         |
|----------|--------------------|
| 0-25     | Sangat Tidak Layak |
| 26-50    | Tidak Layak        |
| 51-75    | Layak              |
| 76-100   | Sangat Layak       |

Data angket respon siswa dianalisis dengan pendekatan kuantitatif untuk mengevaluasi tanggapan siswa serta kelayakan *e-modul* yang telah dikembangkan oleh peneliti. Dalam angket respon siswa, jawaban diukur menggunakan skala Guttman yang terbagi menjadi dua kategori nilai skor. Jawaban yang dinilai sangat tidak baik memperoleh skor 1, sementara jawaban yang dinilai sangat baik mendapatkan skor 4. Angket yang telah diisi oleh siswa kemudian dianalisis dan dipresentasikan. Menurut (Palma et al., 2021) persentase validasi para ahli setiap komponen dihitung menggunakan persamaan 2:

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100\% \quad (2)$$

Respon siswa diperoleh melalui instrumen angket respons. Data mengenai tanggapan siswa terhadap *e-modul* yang telah dikembangkan dianalisis secara deskriptif guna menentukan tingkat kepraktisan modul, yang dapat dilihat pada Tabel 3:

**Tabel 3.** Kriteria Respon siswa

| Skor Angket (%) | Kriteria          |
|-----------------|-------------------|
| 0-25            | Sangat tidak Baik |
| 26-50           | Tidak Baik        |
| 51-75           | Baik              |
| 76-100          | Sangat Baik       |

Tes kemampuan berpikir kritis siswa diperoleh dengan mengumpulkan nilai *pretest* dan *posttes* guna untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Pada tahap pertemuan awal siswa diberikan tes tertulis berupa *Pretest* dan *posttes* di akhir pertemuan. Berdasarkan data yang didapat dari *pretest* dan *posttes*, terdapat perbedaan dalam kemampuan berpikir kritis siswa. Perbedaan ini ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata skor yang diperoleh siswa dari *pretest* ke *posttes*, yang dihitung menggunakan metode *N-Gain* (Nikita et al., 2018). Uji *N-Gain* digunakan untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis sebelum dan sesudah penggunaan media. Persamaan 3 dari uji *N-Gain*:

$$N-Gain = \frac{\text{Skor posttes} - \text{Skor pretest}}{\text{Skor ideal} - \text{Skor pretest}} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan menggunakan persamaan 3 akan mendapatkan penilaian hasil *Pretest* dan *posttes* sehingga dapat dikatakan terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dengan kriteria skor *N-Gain* seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Kriteria Nilai *N-Gain*

| Nilai <g>                    | Kriteria |
|------------------------------|----------|
| $N-Gain \geq 0,7$            | Tinggi   |
| $0,7 \leq N - Gain \leq 0,3$ | Sedang   |
| $N-Gain \leq 0,3$            | Rendah   |

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Analyze (Analisis)*

Tahap analisis ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai referensi dalam penelitian. Tahap analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi masalah dengan menggunakan analisis angket kebutuhan peserta didik, kurikulum, model dan perangkat pembelajaran yang digunakan di sekolah. Tahap pertama yang dilakukan yaitu wawancara guru fisika di SMAN 2 Kota Bengkulu mengenai kurikulum yang diterapkan di sekolah yaitu kurikulum Merdeka Belajar, kurikulum yang diterapkan pada kelas X dan XI adalah kurikulum merdeka belajar, kurikulum ini mulai diterapkan pada tahun 2023, sedangkan Kelas XII masih menerapkan Kurikulum 2013. Untuk model pembelajaran yang digunakan guru yaitu model PBL dan model PJBL. Selain itu, pada proses pembelajaran di kelas, dapat diungkapkan bahwa kurang dari 50% siswa menunjukkan tingkat

kemampuan berpikir kritis yang rendah. Selain itu, guru masih memerlukan media pembelajaran interaktif yang dapat dimanfaatkan sebagai alat untuk mengajarkan fisika.

Tahap kedua yaitu Analisis kebutuhan siswa dengan dilakukan pengumpulan data melalui angket kebutuhan yang berdasarkan hasil rekap, Analisis kebutuhan yang dilakukan bertujuan untuk mengumpulkan data tentang produk yang akan dikembangkan (Pazah et al., 2024). Analisis kebutuhan pada kelas XI IPA 6 SMAN 2 Kota Bengkulu dapat dilihat pada Tabel 5.

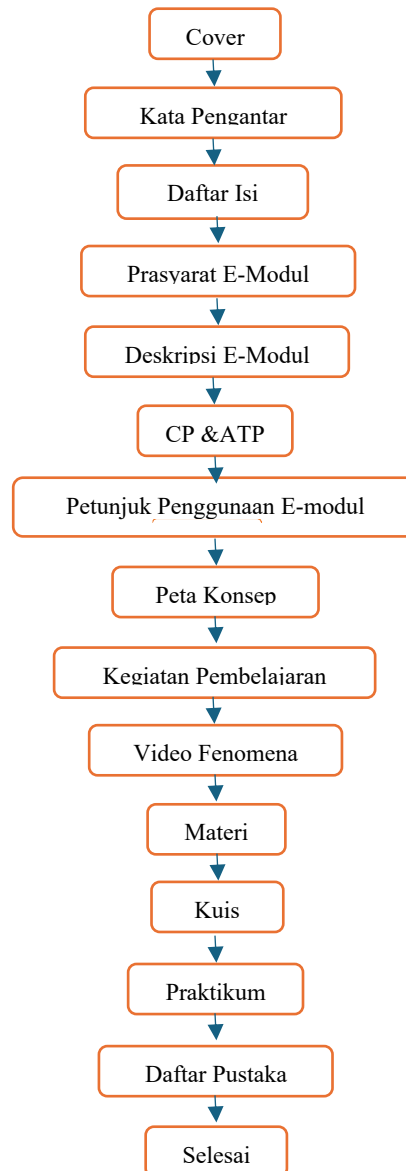
**Tabel 5.** Hasil Survei Kebutuhan

| Aspek                     | Total | Presentase (%) |
|---------------------------|-------|----------------|
| Tanggapan                 | 379   | 71.78          |
| Pengalaman                | 656   | 82.83          |
| Kebutuhan                 | 436   | 82.58          |
| Kemampuan berpikir kritis | 332   | 83.84          |
| Rata-rata                 | 80.35 |                |

Ketiga dilakukan observasi untuk mengetahui bagaimana proses belajar mengajar di sekolah berlangsung dan menggunakan perangkat pembelajaran apa saja yang dalam proses belajar, dari hasil observasi beberapa guru merasa masih kesulitan menyampaikan materi pelajaran jika hanya menggunakan buku cetak dan PPT saja. Berdasarkan hasil angket kebutuhan siswa dan wawancara dengan guru fisika diperoleh bahwa siswa dan guru membutuhkan bahan ajar tambahan berupa modul elektronik atau disebut *e-modul*. Dengan adanya modul ini siswa dapat membaca buku seolah sedang membaca fisik dan didalamnya juga terdapat simulasi, animasi berupa video maupun Gambar secara online yang dapat diakses dimanapun (Puspitasari et al., 2020). Dari pernyataan ini maka sejalan dengan hasil angket kebutuhan dan observasi dimana siswa merasa bosan saat belajar fisika hanya menggunakan buku secara fisik saja sehingga membuat siswa membutuhkan media pembelajaran yang bervariasi, menarik dan interaktif guna meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

### **Design (Perancangan)**

Tahap *Design* perancangan media yang akan dikembangkan sesuai dengan sintaks PBL. Sintaks *e-modul* interaktif ini juga menggunakan sintaks kemampuan berpikir kritis dari penelitian Ennis. Tahapan ini dimulai dengan mempersiapkan rancangan awal media, pengumpulan bahan yang dapat digunakan sebagai media interaktif seperti *Heyzine Flipbook*, *phet simulation*, *youtube*, *Quizizz*, *canva* yang dimanfaatkan untuk mendesign cover sampai daftar Pustaka. Setelah menentukan aplikasi dan media apa saja yang akan digunakan, (Ashari & Puspasari, 2024) Menyoroti keunggulan *Heyzine Flipbook* sebagai aplikasi interaktif yang mudah digunakan dan diakses, serta dilengkapi dengan fitur-fitur menarik seperti animasi, Gambar, video, dan audio. kemudian dilanjutkan dengan membuat *design* dalam pengembangan. Modul yang sudah jadi kemudian divalidasi dan direvisi sesuai dalam tahap pengembangan (*development*) didalam proses pelitian selanjutnya. Untuk desain *e-modul* interaktif dapat dilihat pada Gambar 2 mengenai rancangan pendahuluan *e-modul* nteraktif.



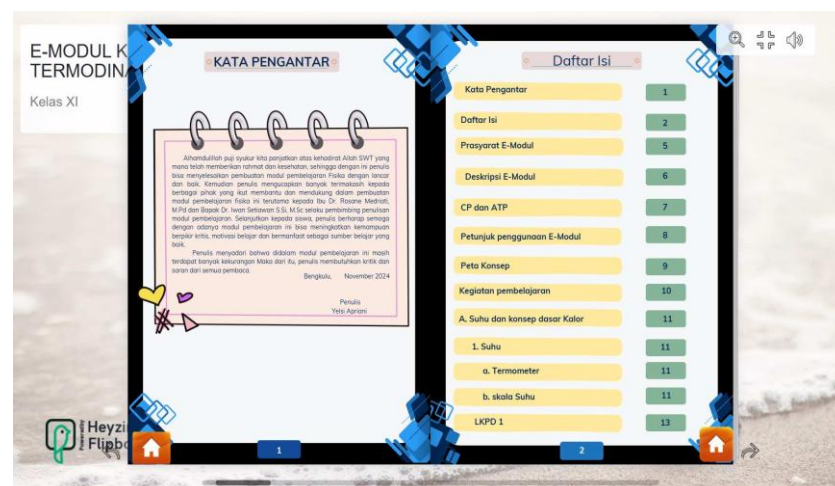
**Gambar 2.** Desain *E-modul* Interaktif

### ***Development (Pengembangan)***

Tahapan pengembangan dilakukan dengan membuat *e-modul* sesuai dengan rancangan awal. Langkah pertama adalah merancang halaman sampul *e-modul* interaktif menggunakan aplikasi *Canva* sebagai desain awal, kemudian beralih ke aplikasi *Heyzine Flipbook* untuk menambahkan elemen-elemen seperti gambar, video, dan audio, serta mengonversi file PDF menjadi flipbook yang dapat diakses siswa melalui tautan yang disediakan. Berbagai fitur yang tersedia di aplikasi *Heyzine Flipbook* sangat beragam dan mudah digunakan. Tampilan *e-modul* interaktif yang akan dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 3.

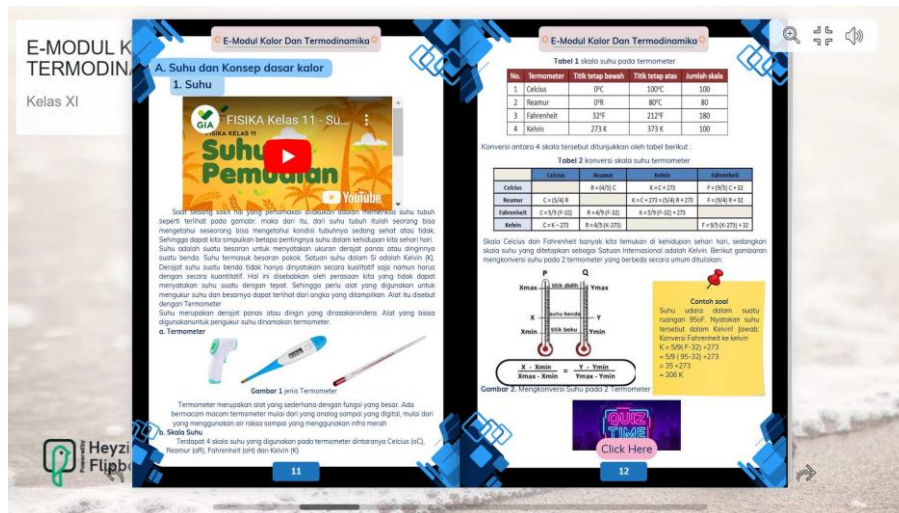
Gambar 3. Tampilan Cover *E-modul*

Pada tampilan menu cover terdapat materi yang akan dibahas dan identitas dari *e-modul*. Selanjutnya tampilan menu kata pengantar dan daftar isi terdapat beberapa topik yang akan dibahas tersedia seperti kata pengantar, daftar isi, materi pembelajaran dan E-LKPD pada setiap akhir materi.



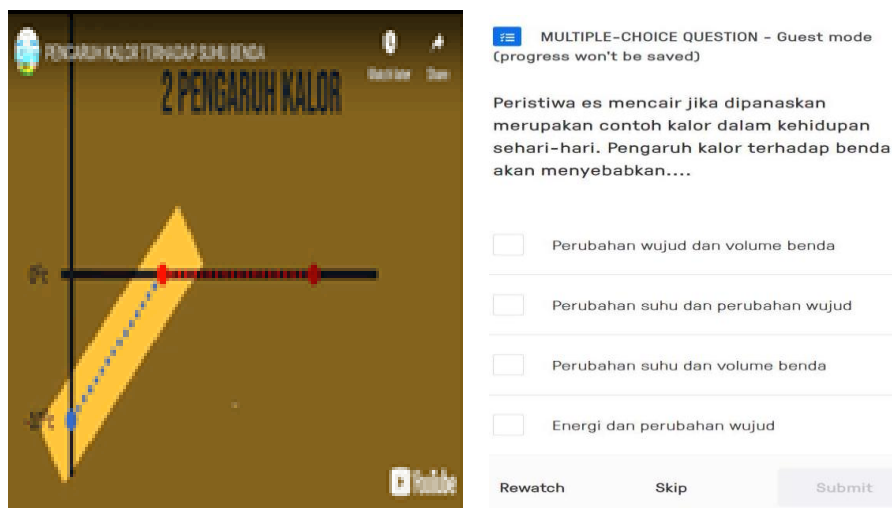
Gambar 4. Tampilan Kata Pengantar dan Daftar Isi

Kata pengantar dan daftar isi sudah dilengkapi dengan tautan yang mengarahkan peserta didik menuju halaman yang akan dituju dan pada setiap halaman terdapat tautan pada menu home yang mengarahkan peserta didik ke halaman awal. Sesuai dengan pendapat Admelia et al., (2022) yang mengatakan media pembelajaran ini bertujuan untuk mempermudah siswa dalam mengakses *e-modul* saat proses pembelajaran yang menggunakan media interaktif yang menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif dapat membantu siswa untuk berinteraksi langsung dengan media pembelajaran yang digunakan.



Gambar 5. Tampilan Materi Pelajaran

Halaman pembahasan materi terdapat video pembelajaran mengenai materi kalor dan termodinamika, Video yang diambil dari *youtube* bisa di edit menggunakan web *Edpuzzle* untuk menambahkan sebuah pertanyaan di dalam video, setelah menambahkan pertanyaan link video tersebut di tautkan ke dalam desain *e-modul* pada *Hyzine Flipbook*. Dalam video juga Terdapat animasi yang di desain semenarik mungkin agar siswa tidak merasa bosan saat pelajaran berlangsung, soal *Quiz* yang sudah ada pada video harus diisi oleh siswa untuk mengecek pemahaman siswa mengenai materi pelajaran. Pada Gambar 6 merupakan bentuk video yang terhenti karena terdapat satu pertanyaan yang harus dijawab oleh siswa mengenai materi yang sedang dibahas. Oleh karena itu video yang sudah di edit langsung terhubung dengan *Hyzine Flipbook* yang bertujuan supaya *e-modul* interaktif ini dapat digunakan oleh siswa dimanapun dan kapanpun tanpa harus berpatokan dengan penjelasan guru di kelas.



Gambar 6. Tampilan Pertanyaan Video

Setelah siswa menjawab pertanyaan pada *Quiz* maka dalam video akan dijelaskan mengenai pertanyaan yang diberikan, setelahnya melanjutkan materi yang sedang dibahas. Pada setiap *slide* dilengkapi dengan *icon home* yang dapat diklik secara langsung untuk mempermudah siswa kembali ke menu awal dan bisa melanjutkan ke menu selanjutnya

atau sebelumnya dengan mengklik *icon* tanda panah pada layar. Sementara terdapat juga penjelasan materi, Gambar dan Tabel pada setiap lembar halamannya untuk memperjelas materi yang disampaikan dari video.



**Gambar 7.** Tampilan Halaman E-LKPD

Selain video dan materi, pada *e-modul* ini juga terdapat E-LKPD interaktif didalamnya, pada lembar kerja peserta didik terdapat video percobaan, simulasi dan isian mengenai lembar kerja peserta didik yang dapat diakses secara langsung oleh peserta didik mulai dari video hingga simulasi percobaan. Untuk percobaan pada lembar kerja peserta didik dibuat menggunakan canva dan ada juga simulasi *Phet* untuk isian tugas siswa bisa menuliskan jawaban pada tautan yang tersedia di setiap soalnya. Dalam *e-modul* interaktif ini terdapat soal *Quizz* pada setiap pertemuan dimana soal tersebut dirancang untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Soal latihan dibuat menggunakan *Quizz* yang bentuknya seperti *Game* setiap jawabannya akan memunculkan stiker atau animasi mengenai jawaban benar atau salah. Lalu *Quizz* ditautkan ke dalam *Hyzyne Flipbook* yang dapat diakses secara online sehingga peserta didik dapat belajar sambil bermain.

Setelah produk dirancang dan dikembangkan, langkah berikutnya adalah penilaian validasi *e-modul* oleh tiga ahli yang mencakup beberapa aspek, seperti konten, presentasi, bahasa, media, dan kemampuan berpikir kritis. Validasi *e-modul* ini berfungsi untuk menentukan kelayakan media pembelajaran interaktif yang telah dikembangkan, serta melakukan perbaikan dan penyempurnaan pada produk, antara lain dengan meningkatkan ukuran font, serta memperbesar video dan gambar agar lebih jelas. Hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Validasi ahli Media *E-modul*

| Aspek                          | Persentase (%) | Kategori     |
|--------------------------------|----------------|--------------|
| Isi                            | 87.50          | Sangat Layak |
| Penyajian                      | 91.67          | Sangat layak |
| Bahasa                         | 90.00          | Sangat layak |
| Media                          | 90.63          | Sangat layak |
| Soal Kemampuan Berpikir Kritis | 77.08          | Sangat layak |

Berdasarkan hasil validasi pada Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa 5 aspek mendapat persentase dengan kategori sangat layak. Sesuai dengan penelitian terdahulu dari (Rohmatulloh et al., 2023) mengatakan bahwa produk yang dikembangkan dianggap

memenuhi syarat jika sesuai kriteria minimum kelayakan dalam semua aspek yang dievaluasi dalam uji kelayakan. Berdasarkan pada Tabel 5 tersebut, *e-modul* interaktif yang menggunakan model PBL dalam kurikulum merdeka dinyatakan sangat layak untuk digunakan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Pada aspek penyajian mendapat skor 91,67% yang dinyatakan sangat layak aspek penyajian ini sangat layak karena pada aspek penyajian bagian keruntutan penyajian memperoleh skor tinggi dimana konsep dan informasi disajikan dari yang mudah ke yang susah dan mendorong siswa menjadi lebih aktif dan konsep yang disajikan sederhana. *e-modul* ini dilengkapi dengan video pembelajaran dan animasi yang membantu siswa dalam memahami materi dengan lebih baik. Sesuai dengan pernyataan Linda et al., (2023) *e-modul* interaktif dilengkapi dengan video dan animasi untuk membantu siswa dalam memahami materi dan menyelesaikan masalah.

Aspek isi validator menyetujui bahwa kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran dan alur tujuan pembelajaran memiliki aspek yang lengkap, keakuratan gambar, ilustrasi, notasi dan simbol. Validator menyetujui bahwa pada aspek penyajian yang memiliki teknik dan pendukung penyajian yang lengkap. Validator menyetujui bahwa pada aspek bahasa yang memiliki tiga indikator yaitu, lugas, komunikatif penggunaan istilah dan simbol atau ikon memiliki aspek yang sesuai. Validator menyetujui bahwa pada aspek media memiliki aspek yang lengkap yaitu kesesuaian media dengan materi pembelajaran, kerapian tampilan pada media pembelajaran, kemudahan penggunaan media, kesesuaian ukuran gambar/video yang digunakan, kejelasan suara, gambar, tulisan dan video, penggunaan teks dapat terbaca jelas dan ketepatan pemilihan *layout*. Validator menyetujui bahwa pada aspek kemampuan berpikir kritis memiliki aspek yang lengkap yaitu penggunaan animasi video dan gambar untuk memperjelas konsep yang disampaikan dan contoh-contoh soal permasalahan yang menunjukkan keterkaitan materi pembelajaran dan pertanyaan yang meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

*E-modul* interaktif dapat digunakan dengan cara yang fleksibel dan selalu terhubung selama ada akses internet. Modul ini dilengkapi dengan fitur-fitur interaktif yang mendukung interaksi antara siswa dan guru. Selain itu, materi yang disajikan dalam *e-modul* juga menyertakan video dan soal-soal yang dirancang secara interaktif untuk meningkatkan kemampuan peserta didik. Terdapat juga petunjuk penggunaan yang memudahkan siswa dalam menggunakan *e-modul* tersebut. Untuk memudahkan akses ke halaman *e-modul* yang diinginkan, daftar isi dapat diklik untuk langsung menuju halaman tertentu. Penggunaan bahasa yang sederhana menciptakan kesan seolah siswa berinteraksi langsung dengan guru, di mana video materi pembelajaran dirancang interaktif dengan pertanyaan yang mirip dengan cara guru menanyakan tentang materi yang sedang dibahas. Hal ini sejalan dengan pendapat Wulandari et al., (2021) terdapat fitur-fitur, Video, animasi dan halaman tampilan 3 dimensi disajikan secara interaktif. Menurut Rohmatulloh et al., (2023) tujuan validasi ahli media untuk memastikan dan mengevaluasi ketepatan dan kesesuaian *e-modul* interaktif berbasis PBL untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, dan apakah fitur-fitur pada konten sudah akurat dan sesuai untuk *e-modul* yang dikembangkan. Pada proses validasi media ada beberapa point yang harus diperbaiki sesuai saran dari validator ahli media yang terdapat pada Tabel 6.

**Tabe 6.** Rekomendasi Perbaikan Setelah Media Divalidasi

| Aspek Penilaian           | Saran perbaikan oleh validator      |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Aspek isi                 | Keluasan materi lebih diperluas     |
| Media                     | Gambar buram dan kurang jelas       |
| Kemampuan berpikir kritis | Disesuaikan dengan indikator FRISCO |

Hasil validasi oleh ahli media menunjukkan bahwa untuk meningkatkan kualitas *e-modul* interaktif sebagai media pembelajaran fisika, perlu dilakukan perbaikan yang mendalam pada tiga aspek yaitu isi, media, dan kemampuan berpikir kritis. Pada aspek isi, sangat penting untuk memastikan bahwa materi yang disediakan tidak hanya tepat secara ilmiah, tetapi juga relevan dengan kurikulum serta kebutuhan belajar siswa. Pada aspek media, *e-modul* perlu memperbaiki penggunaan gambar dan video yang diperbesar sehingga jelas dan tidak buram. Terakhir, untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis adalah dengan menambahkan aktivitas dan pertanyaan yang mendorong siswa untuk menganalisis, memperbaiki, mendiskusikan, dan menciptakan solusi pada *e-modul*. Dengan melakukan perbaikan yang tepat pada setiap aspek tersebut, *e-modul* interaktif ini akan menjadi lebih efektif dan mudah digunakan dalam proses pembelajaran fisika.

### Implementation (Penerapan)

Tahap Implementasi media *e-modul* yang sudah di validasi dan dinyatakan layak untuk diujicobakan sesuai dengan saran dan perbaikan oleh validator. *E-modul* interaktif diuji cobakan secara langsung pada proses pembelajaran fisika di kelas. Tahap selanjutnya adalah mengumpulkan data untuk mengevaluasi apakah media yang dikembangkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa menggunakan lembar *pretest* dan *posttes*. Kemudian, analisis data kemampuan berpikir kritis siswa dilakukan dengan menerapkan uji *N-Gain* pada *pretest* dan *posttes*, dengan memperhatikan indikator kemampuan berpikir kritis yang diusulkan oleh Ennis yaitu FRISCO. Hasil *N-Gain* yang diperoleh dari *pretest* dan *posttes* dapat dilihat dalam Tabel 7.

**Tabel 7.** Pengolahan Hasil *Pretest-Posttes*

| <i>Pretest</i> | <i>Posttes</i> | <i>Ngain</i> | Kategori |
|----------------|----------------|--------------|----------|
| 63             | 89             | 0,71         | Tinggi   |

Berdasarkan hasil pengolahan data *N-Gain* pada Tabel 7 dan Gambar 8 memperoleh skor peningkatan 0, 71 dengan kategori tinggi. sehingga terjadi peningkatan yang signifikan pada kemampuan berpikir kritis siswa tentang *e-modul* interaktif materi kalor dan termodinamika. *E-modul* interaktif yang digunakan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hasanah et al., (2023) menunjukkan bahwa jika skor *posttes* lebih tinggi daripada skor *pretest*, maka terjadi peningkatan dalam kemampuan berpikir kritis pada tes formatif.

Hasil perhitungan *N-Gain* sebelum dan setelah menggunakan *e-modul* interaktif dapat dinyatakan bahwa proses pembelajaran menggunakan *e-modul* interaktif berbasis PBL pada kurikulum merdeka efektif dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam memahami konsep dan pemecahan masalah pada materi kalor dan termodinamika. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Nafisa (2019) bahwa penggunaan *e-modul* interaktif efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis. (Rohmatulloh et al., 2023) menyatakan bahwa *e-modul* interaktif berbasis PBL berperan penting dalam membantu siswa meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Uji coba pengembangan *e-modul* interaktif siswa diminta untuk mengisi dan menjawab kuesioner yang menggunakan skala 1-4 pada setiap jawaban. Survei ini bertujuan untuk mendapatkan umpan balik siswa mengenai *e-modul* interaktif terkait materi kalor dan termodinamika yang telah dikembangkan dan diujicobakan dalam proses pembelajaran. Dari analisis survei yang diisi siswa, diperoleh rata-rata yang menunjukkan minat siswa terhadap media pembelajaran interaktif yang telah dirancang. Ini menghasilkan respon

yang dikategorikan baik, sebagaimana dirinci dalam Tabel 8 mengenai tanggapan siswa terhadap *e-modul* yang telah dikembangkan.

**Tabel 8.** Data Respon Siswa terhadap *E-modul* Interaktif

| Aspek          | Persentase | Kategori    |
|----------------|------------|-------------|
| Penyajian      | 85,98      | Sangat baik |
| Materi         | 82, 58     | Sangat Baik |
| Kebermanfaatan | 79,76      | Sangat Baik |

Tabel 8 menunjukkan hasil angket Respon siswa terhadap beberapa aspek *e-modul* interaktif yaitu penyajian, materi dan kebermanfaatan. Aspek penyajian siswa memilih sangat baik dengan persentase 85,98%. Siswa mengungkapkan bahwa belajar menggunakan *e-modul* interaktif membantu siswa meningkatkan pemahaman dan kemampuan berpikir kritis, sehingga *e-modul* interaktif ini praktis digunakan dalam pembelajaran fisika. Hasil angket persepsi siswa pada aspek tampilan yaitu, teks pada aspek penyajian tulisan pada *e-modul* interaktif mudah di baca, gambar yang disajikan jelas/tidak buram. Pada aspek materi perspektif siswa yaitu memiliki aspek yang lengkap *e-modul* interaktif menjelaskan suatu konsep menggunakan studi kasus yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari tidak ada kalimat yang menimbulkan makna ganda. Pada aspek manfaat perspektif siswa yaitu memiliki aspek yang lengkap yaitu siswa tertarik menggunakan *e-modul* interaktif karena dapat memotivasi siswa untuk mempelajari materi kalor dan termodinamika dan siswa merasa akan lebih rajin belajar memahami konsep materi kalor dan termodinamika menggunakan *e-modul* interaktif ini. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian (Ulfah & Arif, 2024) menyatakan bahwa *e-modul* interaktif praktis dan mampu membantu siswa dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Selain itu, pada tampilan penyajian *e-modul* interaktif ini tidak membosankan dan modul interaktif relevansi ketertarikan siswa terhadap *e-modul* yang disajikan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa. Hal ini sejalan dengan pendapat Rismayanti et al., (2022) bahwa respon siswa terhadap *e-modul* interaktif baik dan praktis digunakan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah peserta didik.

### **Evaluation (Evaluasi)**

Tahap ini dilaksanakan pada setiap fase dalam penelitian. Pada tahap analisis, revisi dilakukan terhadap lembar wawancara dengan menambahkan pernyataan yang relevan mengenai jaringan internet dan metode pembelajaran yang digunakan. Pada tahap desain, revisi dilakukan terhadap desain produk untuk memasukkan soal-soal yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam *e-modul* interaktif yang terdapat dalam produk tersebut. Pada tahap pengembangan, revisi dilaksanakan berdasarkan kritik dan saran yang tercantum dalam lembar angket validasi. Catatan revisi mencakup pengubahan ukuran tulisan pada produk agar lebih jelas, serta memperbesar gambar dan video agar tidak terlihat buram. Setiap saran dan perbaikan ditujukan untuk menjadikan media *e-modul* interaktif siap digunakan dan diuji coba dalam rangka meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

### **SIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil pengembangan *e-modul* interaktif model *problem based learning* kurikulum merdeka untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA dapat disimpulkan bahwa hasil ujicoba kelayakan *e-modul* interaktif yang dikembangkan

dikategorikan sangat layak dengan hasil rata-rata persentase dari tiga validator yaitu 87,96%. Respon siswa terhadap *e-modul* interaktif dikategorikan sangat baik. Hasil perhitungan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada *e-modul* interaktif dengan nilai N-Gain berupa *pretest-posttest* dikategorikan tinggi dengan persentase 0,71. Sehingga *e-modul* interaktif model *Problem Based Learning* yang dikembangkan sangat layak untuk diujicobakan, respon siswa terhadap *e-modul* yang dikembangkan sangat baik dan *e-modul* yang dikembangkan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa yang tinggi. Saran untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengembangan pada *e-modul* yang diuji cobakan secara luas karena *e-modul* masih diuji cobakan secara terbatas, *e-modul* ini bisa dikembangkan pada materi fisika yang lainnya selain materi kalor dan termodinamika.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada para dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Bengkulu yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian dalam program MBKM Penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggereni, S., Suhardiman, S., & Amaliah, R. (2021). Analisis Ketersediaan Peralatan, Bahan Ajar, Administrasi Laboratorium, Keterlaksanaan Kegiatan Praktikum di Laboratorium Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(3), 414. <https://doi.org/10.20527/jipf.v5i3.3925>
- Ansori, C., Godang, S., Hastria, D., & Informasi dan Konservasi Kebumian Karangsambung -LIPI, B. (2019). Protolith Oceanic Island Arc dari Granitoid Tipe M dan I di Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah Protolith Oceanic Island Arc of M-and I-types Granitoid at Karang Sambung Area, Kebumen, Central Java 1 2 1 1. *Journal of Geology and Mineral Resources*, 20(4), 249–262. <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.v20.4.249-262p>
- Arincia, M. R., Hamdani, D., & Purwanto, A. (2019). Asian Journal of Science Educatio. *Asian Journal of Science Education*, 3(1), 81–89. <https://doi.org/doi.org/10.24815/ajse.v6i2.38837>
- Ashari, L. S., & Puspasari, D. (2024). Pengembangan *E-modul* Berbasis Heyzine Flipbook pada Mata Pelajaran Otomatisasi Humas dan Keprotokolan di SMKN 2 Buduran Sidoarjo. *Journal of Social Science Research*, 4(1), 2568. <https://doi.org/https://j-innovative.org/index.php/Innovative> Pengembangan
- Erawati, N. K., Purwati, N. K. R., & Saraswati, I. D. A. P. D. (2022). Pengembangan *E-modul* Logika Matematika dengan Heyzine untuk Menunjang Pembelajaran di SMK. *Jurnal Pendidikan Matematika (JPM)*, 8(2), 71–80. <https://doi.org/10.33474/jpm.v8i2.16245>
- Fadilah, H., Hamdani, D., & Purwanto, A. (2022). Pengembangan Modul Suhu dan Kalor dengan Pendekatan Saintifik untuk Melatihkan Literasi Sains Peserta Didik di SMA. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(3), 185–192. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.3.185-192>
- Fitriyanti, D., & Suciptaningsih, O. A. (2024). Analisis Bahan Ajar Digital Berbasis Heyzine Flipbook Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Pembelajaran IPAS di Sekolah Dasar. *pendes: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(2)(2548–6950), 2331–2342. <https://doi.org/https://doi.org/10.23969/jp.v9i2.13623>
- Hasanah, M., Supeno, S., & Wahyuni, D. (2023). Pengembangan *E-modul* Berbasis Flip Pdf Professional untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa pada Pembelajaran IPA. *Tarbiyah Wa Ta'lim: Jurnal Penelitian Pendidikan dan*

- Pembelajaran*, 10(1), 44–58. <https://doi.org/10.21093/twt.v10i1.5424>
- Hidayat, T., & Rachmani Dewi, N. (2023). Kajian Teori: Pengembangan Bahan Ajar Aljabar Berorientasi Model Pembelajaran Preprospec Berbantuan Heyzine Flipbooks Bernuansa STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 4, 235–243. <https://proceeding.unnes.ac.id/prisma>
- Hidayat, F., M., Sri, H., & Hidayati, W. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMK pada Soal Higher Order Thinking Skill (HOTS). *Fourth Conference on Research and Community Services*, 4(1)(September), 2–28.
- Kismawati, R., Ernawati, T., & Winingsih, P. H. (2022). Pengembangan E-Komik Berbasis Heyzine Flipbook pada Materi Sistem Pencernaan bagi Peserta Didik Kelas VIII SMP. *Wacana Akademika: Majalah Ilmiah Kependidikan*, 6(3), 359–370. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/wacanaakademika/article/view/13507/5416>
- Latifah, N., Setyadi, & Kurniawan, E. (2020). Pengembangan *e-modul* Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Development of Physics *E-modules to Improve Critical Thinking Ability of Students*. *JIPS: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 01, 1–7. <http://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/jips>
- Lidiawati, L., Pursitasari, I. D., & Heliawati, L. (2022). Critical Thinking Skills and Self-Regulated Learning of Students during the Covid-19 Pandemic. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v7i1.10627>
- Linda, R., Nufus, H., & Susilawati. (2020). The Implementation of Chemistry Interactive *E-module*. *International Conference of the Indonesian Chemical Society*, 2(2)(2243, 030011–1–03001), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0002309>
- Malikah, S., Winarti, W., Ayuningsih, F., Nugroho, M. R., Sumardi, S., & Murtiyasa, B. (2022). Manajemen Pembelajaran Matematika pada Kurikulum Merdeka. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(4), 5912–5918. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i4.3549>
- Mayasari, A., Arifudin, O., & Juliawati, E. (2022). Implementasi Model Problem Based Learning (Pbl) dalam Meningkatkan Keaktifan Pembelajaran. *Jurnal Tahsinia*, 3(2), 167–175. <https://doi.org/10.57171/jt.v3i2.335>
- Nafisa, D. S. (2019). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Mandiri Berbasis *E-modul*. *Prosiding Seminar Nasional UNNES*, 2(1)(2010), 203–206. <https://proceeding.unnes.ac.id/index/snpasca>
- Nikita, P. M., Leksmono, A. D., & Harijanto, A. (2018). Pengembangan *E-modul* Materi Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas Xi. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 175–180. <https://doi.org/https://doi.org/10.19184/jpf.v7i2.7925>
- Palma, Y., Saputra, R., Ulfah, M., Rasmawan, R., & Sartika, R. P. (2021). Pengembangan Media Kit Bentuk Molekul dikelas X SMA Negeri 8 Pontianak. *Jurnal Education and development Institut Pendidikan Tapanuli Selatan*, 9(3), 86–91. <https://doi.org/https://doi.org/10.37081/ed.v9i3.2704>
- Patabang, I., Yusuf, I., Allo, A. Y., & Widyaningsih, S. W. (2020). The Application of Problem Based Learning Models with E-Learning during the Covid-19 Pandemic to Students's Science Process Skills of Class XI IPA Students at SMA Santo Paulus Manokwari. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 3(2), 118-127. <https://doi.org/10.37891/kpej.v3i2.154>

- Pazah, G. A., Risdianto, E., & Purwanto, A. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbantuan Nearpod untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Gerak Parabola. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 15(1), 55–66. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v15i1.17600>
- Puspitasari, R., Hamdani, D., & Risdianto, E. (2020). Pengembangan *E-modul* Berbasis Hots Berbantuan Flipbook Marker sebagai Bahan Ajar Alternatif Siswa SMA. *Jurnal Kumparan Fisika*, 3(3), 247–254. <https://doi.org/10.33369/jkf.3.3.247-254>
- Putri, S. R., & Syafriani. (2022). Pengembangan *E-modul* Fisika Berbasis SETS ( Science, Environment, Techonogy, Society) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA/MA. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 8(2), 142. <https://doi.org/10.24036/jppf.v8i2.119361>
- Rismayanti, T. A., Anriani, N., & Sukirwan, S. (2022). Pengembangan *E-modul* Berbantu Kodular pada *Smartphone* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1), 859–873. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i1.1286>
- Rohmatulloh, R., Nindiasari, H., & Fatah, A. (2023). Pengembangan *E-modul* Interaktif Berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(4), 3599. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i4.8172>
- Ruslaini, Jannah, M., Nelyza, F., & Mukhlis, A. (2024). Pengaruh Model *Problem Based Learning* terhadap Kemampuan *Problem Solving* pada Masalah Lingkungan Sosial Sekolah. 2–2(2988–3083), 15–23. <https://doi.org/https://ejournal.unida-aceh.ac.id/index.php/guree> 15
- Setiani, I., Medriati, R., & Purwanto, D. A. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbantuan Aplikasi Canva untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *JoTaLP: Journal of Teaching and Learning Physics*, 9, 57–68. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15575/jotalp.v9i1.31633>
- Sidiq, Ricu, & Najuah. (2020). Pengembangan *E-modul* Interaktif Berbasis Android pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar. *Jurnal Pendidikan Sejarah*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.21009/jps.091.01>
- Sofianto, E. W. N., & Irawati, R. K. (2020). Efforts to mediate the concept of physics in temperature and heat matter. *Southeast Asian Journal of Islamic Education*, 2(2)(2621–5861), 109–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.21093/sajie.v2i2.2188>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung. Alfabeta.
- Swandi, A., Rahmadhanningsih, S., Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2021). Exploring the Compton Scattering Phenomenon with Virtual Learning Under Project Based Learning Model (PjBL). *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.37891/kpej.v4i1.159>
- Ulfah, N. & Arif, M. R. W. A. (2024). Pengembangan *E-modul* Interaktif Fisika Berbantuan Microsoft Sway. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains (JIPS)*, 5(1)(2747–1551), 37–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.37729/jips.v5i1.4360>
- Utari, W. M., Gunada, I. W., Makhrus, M., & Kosim, K. (2023). Pengembangan *E-modul* Pembelajaran Fisika Model Problem Based Learning Berbasis Flipbook untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(4), 2724–2734. <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i4.1822>
- Wulandari, C. Y., & Sulistyowati, R. (2022). Pengembangan *E-modul* Interaktif Berbasis Flip Pdf Professional Mata Pelajaran Produk Kreatif dan Kewirausahaan di Sekolah Menengah Kejuruan. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(3), 4882–4889.

<https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i3.3027>

Wulandari, F., Yogica, R., & Darussyamsu, R. (2021). Analisis Manfaat Penggunaan *E-modul* Interaktif sebagai Media Pembelajaran Jarak Jauh di Masa Pandemi Covid-19. *Khazanah Pendidikan*, 15(2), 139. <https://doi.org/10.30595/jkp.v15i2.10809>