

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian pengembangan yang telah dilakukan berupa *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Pengembangan ini dilakukan berdasarkan analisis pendahuluan yang telah dilakukan terkait permasalahan pembelajaran fisika yang masih menggunakan metode ceramah dan hanya bergantung pada penyampaian guru di sekolah. Peneliti mengembangkan bahan ajar ini dengan memperhatikan kebutuhan peserta didik yang didapat dari hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan. Setelah pengembangan produk selesai, dilakukan uji kelayakan kepada ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran untuk menilai kelayakan bahan ajar yang telah dikembangkan dari perspektif materi yang digunakan, media yang dipilih, dan kesesuaian dengan model pembelajaran Dilemma-STEAM. Apabila produk yang dikembangkan sudah dikatakan “Layak” maka dilakukan uji coba penggunaan kepada guru fisika dan peserta didik kelas X SMA untuk mengetahui tanggapan dan penilaian terkait penggunaan bahan ajar yang telah dikembangkan untuk proses pembelajaran di sekolah maupun belajar mandiri.

A. Hasil Pengembangan Model

Model yang dikembangkan dalam penelitian ini yaitu berupa produk *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis Model Pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. IDMP ini berisikan materi pemanasan global yang mengacu pada capaian pembelajaran kurikulum merdeka yang terbagi kedalam 3 (tiga) kegiatan pembelajaran. Setiap kegiatan pembelajaran disajikan menggunakan sintaks pembelajaran Dilemma-STEAM yang dilengkapi dengan gambar, ilustrasi, dan video untuk memperjelas pemahaman materi. Adapun *output* dari produk yang dikembangkan yaitu berupa *link html* menggunakan situs *Heyzine Flipbook* sehingga mudah diakses menggunakan perangkat elektronik yang terhubung dengan internet.

1. Hasil Analisis Kebutuhan

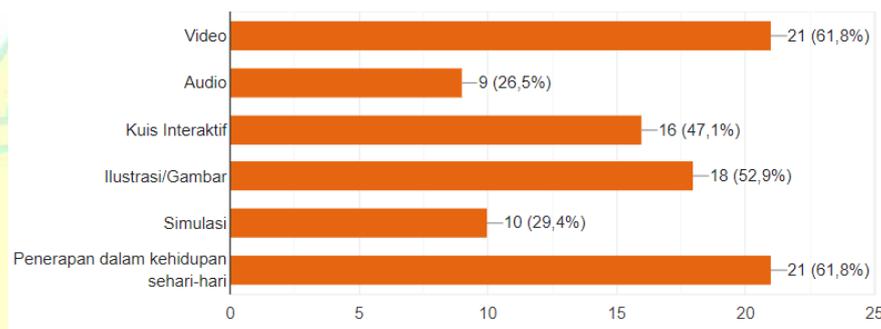
Peneliti melakukan analisis kebutuhan melalui proses wawancara kepada guru fisika dan membagikan kuesioner kepada 34 responden kelas X SMA. Tujuannya adalah untuk memastikan kesesuaian *Interactive Digital Modul Physics (IDMP)* yang akan dikembangkan dengan kebutuhan peserta didik dalam proses pembelajaran. Dari hasil analisis kebutuhan tersebut, sebesar 97,1% peserta didik mengatakan bahwa IDMP yang dikembangkan harus sesuai dengan pokok materi yang dibahas di sekolah. Berdasarkan penelitian oleh (Widiastuti, 2020) menunjukkan bahwa bahan ajar yang dirancang berdasarkan tuntutan kurikulum yang berlaku di sekolah mampu mempermudah siswa dalam mempelajari konsep yang sesuai dengan kegiatan pembelajaran yang telah dirancang. Selain itu, berdasarkan pengamatan guru, peserta didik membutuhkan sumber belajar mandiri untuk mengulas kembali materi pembelajaran di sekolah.

“Apabila membuat bahan ajar mandiri harus dikaitkan dengan kurikulum yang berlaku pada buku acuan sekolah. Karena tujuan adanya bahan ajar mandiri agar mereka bisa mengulas materi di sekolah kapan dan dimana saja. Jika berbeda, mereka pasti tidak menggunakannya sebagai sumber belajar.” (Wawancara Guru Fisika, 16 Oktober 2023)

Berdasarkan hasil penelitian (Laraphaty et.al., 2021) bahwa penyajian E-Modul pembelajaran harus memperhatikan karakteristik *self contained* yaitu membahas topik materi secara tuntas, sehingga pengguna tidak memerlukan alat pendukung lainnya. Berdasarkan hal tersebut, peserta didik sebanyak 97,1% menginginkan pembelajaran yang membahas setiap topik materi secara mendetail (terbagi menjadi beberapa kegiatan pembelajaran). Peserta didik berpendapat bahwa komponen pendukung mereka butuhkan untuk meningkatkan pemahaman terhadap materi yang didominasi video pembelajaran dan contoh penerapan materi dalam kehidupan sehari-hari sebesar 61,8%. Hasil penelitian (Ryandika et al., 2024) menyatakan bahwa materi modul yang disajikan dengan gambar dan video untuk memfasilitasi gaya belajar yang dimiliki siswa serta diberikan contoh nyata dalam kehidupan sehari-hari dapat meningkatkan pemahaman dan minat belajar siswa. Selain itu, berdasarkan pengamatan guru, sebaiknya bahan ajar yang digunakan memfasilitasi setiap gaya belajar peserta didik.

“Sebagian besar peserta didik di sekolah ini memiliki gaya belajar auditori, mereka lebih senang belajar menggunakan video dibandingkan dengan buku teks. Saya rasa hampir semua siswa saat ini sudah malas membaca buku teks. Sebaiknya, dalam penyusunan E-Modul memperhatikan semua gaya belajar siswa, auditori bisa ditambahkan ilustrasi/video, kinestetik bisa ditambahkan game/quiziz.”

(wawancara guru fisika, 16 Oktober 2023)



Gambar 4.1. Komponen Tambahan yang diperlukan Peserta Didik

Berdasarkan **Gambar 4.1.** komponen tambahan yang diperlukan peserta didik dalam merancang bahan ajar adalah sebagian besar membutuhkan video, gambar/ilustrasi, serta penerapan materi fisika dalam kehidupan sehari-hari. Hasil yang diperoleh dari setiap indikator pertanyaan pada angket analisis kebutuhan terlihat pada **Tabel 4.1.**

Tabel 4.1. Hasil Analisis Kebutuhan

Aspek	Indikator	Kriteria	Persentase Kebutuhan
Tampilan	Cover	Mencakup gambar yang mendukung terhadap materi yang ingin dibahas.	94%
	Jenis Huruf	Font yang digunakan untuk penulisan materi yaitu Times New Roman.	88%
		Font yang digunakan untuk penulisan judul dan sub-judul selain Times New Roman tetapi dapat terbaca dengan jelas.	85%

		Ukuran huruf yang digunakan dapat terlihat di berbagai perangkat.	74%
	Ukuran Huruf	Ukuran penulisan isi materi 14.	83%
		Ukuran penulisan judul dan sub-judul dibedakan dengan isi materi (menyesuaikan).	85%
		Konsistensi Desain	Menggunakan 2 perpaduan warna sebagai latar belakang (bukan gambar).
	Konsisten terhadap pemilihan latar belakang.		88%
	Aksesibilitas	Dapat digunakan menggunakan berbagai perangkat seperti hp, tab, dan laptop.	92%
Substansi	Daftar Isi	Mencakup seluruh konten yang terdapat pada E-Modul Interaktif beserta letak halamannya.	94%
		Menggunakan <i>hyperlink</i> yang akan memudahkan menuju halaman yang di pilih.	97%
	Petunjuk Penggunaan	Berisi tata cara penggunaan E-Modul Interaktif	74%
	Menu Utama	Berisi aspek pokok dalam pembelajaran seperti pendahuluan pembelajaran, kegiatan pembelajaran, evaluasi, dan glosarium.	83%

		Menggunakan fitur klik yang akan memudahkan pengguna menuju halaman yang dipilih.	71%
	Pendahuluan Pembelajaran	Berisi penjelasan deskripsi singkat materi, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan peta konsep.	79%
		Materi pembelajaran dibagi ke dalam 3 kegiatan pembelajaran.	68%
	Kegiatan Pembelajaran	Setiap kegiatan pembelajaran disusun menggunakan tahapan model pembelajaran Dilemma-STEAM.	92%
	Evaluasi	Latihan soal di berikan pada akhir kegiatan pembelajaran menggunakan <i>quiziz</i> atau sejenisnya.	92%
		Evaluasi akhir di berikan setelah pembelajaran selesai.	62%
		Diberikan pembahasan dan kunci jawaban.	97%
	Rangkuman	Berisi ringkasan materi yang telah dibahas.	94%
		Rangkuman materi diberikan pada setiap akhir kegiatan pembelajaran	97%

	Glosarium	Berisi penjelasan dari kata-kata yang mungkin asing digunakan oleh pengguna.	76%
Komponen	Video	Menyajikan video yang memudahkan siswa dalam memahami materi yang sulit dipahami.	100%
	Gambar /Ilustrasi	Menyajikan gambar/ilustrasi yang memberikan visualisasi terhadap materi yang sulit dipahami.	100%
	Quiz/Game Interaktif	Diberikan pada setiap akhir pembahasan materi dalam kegiatan pembelajaran serta tidak di nilai (untuk mengukur kemampuan secara individu).	97%
	Simulasi Virtual	Berisi simulasi virtual menggunakan PhET agar siswa mudah dalam membayangkan konsep yang dijelaskan.	83%
	Tombol Navigasi	Terdapat tombol navigasi yang memudahkan pengguna untuk berpindah dari satu halaman ke halaman lainnya.	97%

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, terlihat bahwa dari aspek tampilan mereka menginginkan *cover*, jenis dan ukuran huruf yang digunakan berkaitan dengan materi yang dibahas dan dapat terbaca dengan jelas. Selain itu, sebanyak 92% menyatakan perlu adanya perpaduan warna

yang konsisten terhadap desain yang digunakan sebagai latar belakang sehingga dapat menambah daya tarik mereka dalam mempelajari IDMP. Berdasarkan pengamatan guru, peserta didik tertarik mempelajari buku ketika cover yang dibuat menarik dan memberikan gambaran terkait topik materi yang dipelajari.

“Cover yang digunakan harus menarik dengan menyisipkan beberapa gambar yang menjadi garis besar pemaparan topik materi. Judul ditulis dengan font yang tidak baku agar mereka lebih tertarik untuk membaca dan memilih bahan ajar tersebut untuk dipelajari” (Wawancara Guru Fisika, 16 Oktober 2023)

Peserta didik berpendapat sebanyak 92% menyukai IDMP yang dapat digunakan melalui berbagai perangkat seperti hp, tab, dan laptop sehingga mudah diakses kapan saja dan dimana saja. Hasil penelitian (Novitasari et al., 2024) menyatakan bahwa bahan ajar berbasis IT dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik, memfasilitasi pembelajaran mandiri, dan menyediakan aksesibilitas yang lebih luas. Selain itu, berdasarkan pengamatan guru, bahan ajar berbasis IT bersifat multimedia, menggabungkan teks, gambar, audio, video, animasi, dan elemen multimedia lainnya untuk menyajikan informasi dengan cara yang lebih interaktif dan menarik.

“Perkembangan teknologi mempermudah manusia dalam melakukan aktivitas termasuk kegiatan pembelajaran. Sebagai seorang guru penting bagi kita untuk mengemas pembelajaran dengan lebih kreatif dan inovatif dalam memanfaatkan teknologi agar mereka lebih tertarik untuk belajar. Kalau bisa bahan ajar yang akan dibuat dapat diakses melalui berbagai perangkat elektronik khususnya HP, agar mereka tidak hanya menggunakan HP untuk hal negatif tetapi dapat digunakan sebagai sarana belajar”

(Wawancara Guru Fisika, 16 Oktober 2023)

Hasil analisis kebutuhan dari aspek substansi menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik sebesar 97% membutuhkan daftar isi yang dilengkapi *hyperlink* sehingga memudahkan mereka berpindah ke halaman yang diinginkan. Selain itu, mereka membutuhkan petunjuk penggunaan (74%), menu utama (83%), pendahuluan pembelajaran (79%) yang menjelaskan deskripsi singkat materi, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan peta konsep. Pada kegiatan pembelajaran, peserta didik sebanyak 68% menginginkan topik pemanasan global terbagi kedalam 3

kegiatan pembelajaran (definisi pemanasan global & fakta-fakta perubahan lingkungan, peningkatan kadar CO_2 atmosfer & efek rumah kaca, aktivitas manusia yang menyebabkan pemanasan global & solusi untuk mengatasinya). Materi yang disajikan berfokus pada keterampilan abad-21 serta memberikan contoh nyata kehidupan sehari-hari. Berdasarkan pengamatan guru disekolah, pembelajaran pemanasan global hanya dilakukan dengan presentasi kelompok dan belum melibatkan siswa untuk terlibat aktif dalam membuat proyek sederhana.

“Materi pemanasan global sebaiknya dikaitkan dengan contoh nyata dalam kehidupan sehari-hari yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam menyelesaikan permasalahan pemanasan global. Selanjutnya peserta didik diajak terlibat aktif untuk merancang solusi penyelesaian dari permasalahan yang disajikan.”

(Wawancara Guru Fisika, 16 Oktober 2023)

Peserta didik sebesar 92% membutuhkan evaluasi pembelajaran pada setiap akhir kegiatan pembelajaran yang dilengkapi dengan pembahasan dan kunci jawaban. Rangkuman dan Glosarium juga merupakan mereka butuhkan untuk mengulas kembali materi yang telah dipelajari. Berdasarkan pengamatan guru, setiap kegiatan pembelajaran harus diberikan latihan soal dan evaluasi untuk mengukur tingkat pemahaman peserta terhadap materi.

“Latihan soal seharusnya ada disetiap akhir kegiatan pembelajaran bukan di akhir bab agar mereka bisa mengukur kemampuannya apakah sudah menguasai atau belum sebelum lanjut ke materi berikutnya. Dan pastinya lengkapi dengan kunci jawaban dan evaluasi agar mereka bisa mengevaluasi jawabannya. Untuk evaluasi akhir bisa diletakan diakhir seluruh kegiatan materi.” (wawancara guru fisika, 16 Oktober 2023)

Berdasarkan aspek komponen pendukung menunjukkan bahwa 100% peserta didik membutuhkan video, gambar, dan ilustrasi yang mendukung penjelasan materi yang dipelajari. Sebesar 97% membutuhkan Game/Quiz interaktif yang dapat mengukur tingkat pemahaman secara individu. Simulasi virtual dibutuhkan untuk mempermudah peserta didik dalam membayangkan konsep materi yang dijelaskan serta 97% membutuhkan tombol navigasi di setiap halaman yang memudahkan pengguna untuk berpindah dari satu halaman ke halaman lainnya. Komponen pendukung yang disajikan pada *Interactive Digital Modul Physics (IDMP)* harus dapat memfasilitasi setiap gaya belajar yang dimiliki oleh peserta didik agar

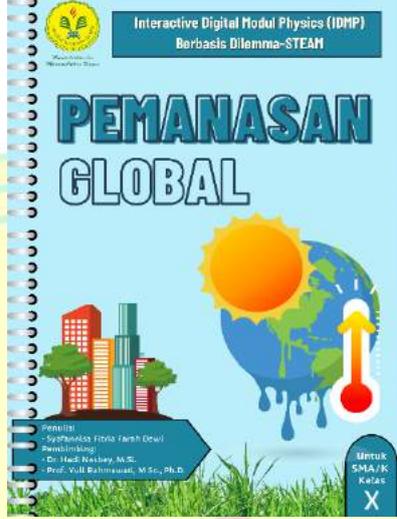
mempermudah pembelajaran yang dilakukan oleh setiap peserta didik secara mandiri. Hal tersebut sejalan dengan Penelitian Yulida (2024) yang menyatakan bahwa dalam merancang bahan ajar harus memfasilitasi peserta didik untuk mempelajari materi sesuai dengan gaya belajar yang dimiliki oleh setiap individu peserta didik.

Hasil analisis kebutuhan tersebut akan menjadi masukan dan dievaluasi bersama dosen pembimbing untuk menentukan aspek-aspek yang harus dipertimbangkan atau ditambahkan dalam merancang *design* produk agar memastikan bahwa *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) yang akan dirancang tidak hanya memenuhi kebutuhan pengguna secara fungsional, tetapi juga didukung oleh prinsip-prinsip pedagogis yang kuat saat melaksanakan kegiatan pembelajaran. Berdasarkan penelitian sebelumnya, belum ada penelitian berupa pengembangan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) yang dikemas menggunakan model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi Pemanasan Global.

2. Model Draft Awal Peneliti

Model draft awal peneliti berisi hasil awal dari pengembangan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global sebelum dilakukan uji kelayakan produk kepada ahli media, ahli pembelajaran, dan ahli materi. *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) dirancang sesuai kebutuhan siswa, yaitu dilengkapi gambar, video dan fitur interaktif yang dapat mempermudah siswa untuk berpindah halaman dalam proses belajar. Materi pemanasan global yang digunakan dalam IDMP diambil dari berbagai sumber yang sesuai dengan capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka. Pemilihan cerita dilema dan proyek STEAM harus saling berkaitan dan merupakan permasalahan yang sering ditemui peserta didik dalam kehidupan sehari-hari. Pengembangan IDMP memperhatikan karakteristik modul digital dan dirancang menggunakan Canva untuk mendesain tampilan IDMP. Setelah desain selesai, modul disajikan dalam format HTML menggunakan *Heyzine Flipbook* yang dapat diakses dengan mudah dimana dan kapan saja. **Tabel 4.2.** menunjukkan hasil model draft awal.

Tabel 4.2. Hasil Model Draft Awal Peneliti

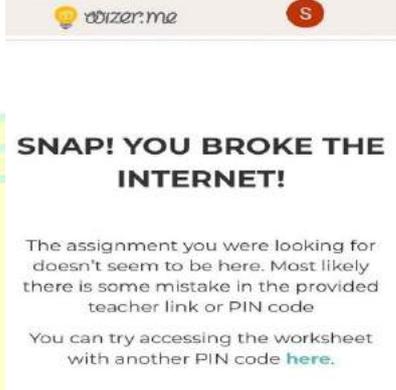
Bagian	Tampilan	Keterangan
Cover		<p>Bagian cover menampilkan tampilan cover yang berisi judul materi dan model pembelajaran dilengkapi gambar/ilustrasi yang mendukung serta identitas penulis.</p>
Kata Pengantar		<p>Ucapan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, penjelasan tujuan pembuatan buku, penjelasan adanya bantuan dari berbagai pihak, penjelasan tentang isi atau gambaran buku.</p>
Daftar isi		<p>Bagian daftar isi memuat semua isi yang akan tersedia pada modul digital, pengguna dapat menekan tombol halaman yang ingin dituju sehingga dapat memudahkan pengguna untuk berpindah ke bagian yang diinginkan.</p>

<p>Deskripsi IDMP</p>		<p>Berisi penjelasan singkat mengenai <i>Interactive Digital Modul Physics</i> (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global.</p>
<p>Petunjuk penggunaan</p>		<p>Bagian petunjuk penggunaan berisikan petunjuk untuk menggunakan IDMP beserta penjelasan mengenai ikon apa saja yang dapat digunakan untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikannya.</p>
<p>Menu utama</p>		<p>Bagian menu utama menampilkan beberapa pilihan yang ingin dibuka oleh pengguna berisi pendahuluan, materi, rangkuman, evaluasi, dan glosarium.</p>

<p>Pendahuluan</p>		<p>Bagian pendahuluan merupakan bagian awal yang harus dipahami oleh pengguna yang terdiri dari beberapa pilihan, yaitu: deskripsi singkat materi, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan peta konsep. Terdapat ikon <i>home</i> untuk kembali ke menu utama dan ikon <i>next</i> dan <i>back</i> untuk berpindah ke halaman berikutnya/selanjutnya.</p>
<p>Materi</p>		<p>Modul digital ini terbagi kedalam 3 kegiatan pembelajaran. Setiap kegiatan pembelajaran diawali dengan tampilan langkah-langkah pembelajaran yang dilengkapi dengan 5 tahapan pembelajaran sesuai model dilemma-STEAM.</p>
<p>Kegiatan Pembelajaran 1</p>		<p>Membahas topik materi definisi pemanasan global dan fakta-fakta perubahan lingkungan. Permasalahan yang disajikan berupa alih fungsi hutan. Proyek STEAM pada kegiatan pembelajaran ini berupa pembuatan termometer sederhana.</p>

<p>Kegiatan Pembelajaran 2</p>		<p>Membahas topik materi peningkatan kadar CO_2 dan Efek Rumah Kaca. Permasalahan yang disajikan berupa semakin meningkatnya gas rumah kaca khususnya metana. Proyek STEAM pada kegiatan pembelajaran ini berupa pembuatan komposter sederhana.</p>
<p>Kegiatan Pembelajaran 3</p>		<p>Membahas topik materi penyebab dan solusi mengatasi pemanasan global. Permasalahan yang disajikan berupa dampak yang dihasilkan dari bahan bakar fosil dan pemanfaatan sumber daya alam Indonesia sebagai sumber energi terbarukan. Proyek STEAM pada kegiatan pembelajaran ini berupa pembuatan PLTA sederhana.</p>
<p>Rangkuman</p>		<p>Bagian rangkuman menampilkan rangkuman dari materi pada kegiatan belajar sehingga memudahkan pengguna dalam mengulas materi sebelum mengerjakan evaluasi.</p>

Tabel 4.3. Hasil Model Draft Revisi Ahli Media

No.	Ket	Tampilan	Deskripsi
1.	Sebelum		<p>Pada Soal Evaluasi Pembelajaran Kegiatan Pembelajaran 1 tidak dapat diakses ketika diklik.</p>
	Revisi		<p>Pada Soal Evaluasi Pembelajaran Kegiatan Pembelajaran 1 sudah dapat diakses ketika diklik.</p>
2.	Sebelum		<p>Pada Kegiatan Pembelajaran 1, 2, dan 3 masih terdapat perintah kepada peserta didik untuk membaca sumber bacaan lainnya.</p>

		<p>ELABORASI KEGIATAN PEMBELAJARAN 2</p> <p>ANOMALI EFEK RUMAH KACA</p> <p>Langkah 1: Koneksi membuat memodelkan atmosfer bumi, beberapa diantaranya dipaparkan kembali ke luar angkasa.</p> <p>Langkah 2: Sisa energi matahari diserap oleh daratan dan lautan, memanasikan Bumi.</p> <p>Langkah 3: Panas memancar dari Bumi menuju ruang angkasa.</p> <p>Langkah 4: Sebagian dari panas itu terperangkap oleh gas rumah kaca di atmosfer, sehingga Bumi tetap hangat untuk menampung kehidupan.</p> <p>Langkah 5: Aktivitas manusia seperti membakar bahan bakar fosil, pertanian dan perkebunan telah meningkatkan jumlah gas rumah kaca yang terperangkap ke atmosfer.</p> <p>Langkah 6: Gas rumah kaca ini akan meningkatkan panas rumah, dan menyebabkan suhu bumi naik.</p> <p>GAS-GAS RUMAH KACA</p> <p>Gas-gas yang memerangkap gas rumah kaca tertangkap adalah uap air dan karbon dioksida. Gas rumah kaca yang meningkat paling banyak, karena oleh manusia adalah metana, nitro oksida, dan CFC.</p> <p>FAK RACA SELINGKAPRITA</p>	
	Revisi	<p>ELABORASI KEGIATAN PEMBELAJARAN 3</p> <p>01 DEFORESTASI HUTAN</p> <p>Pada beberapa puluh tahun terakhir, gas rumah kaca yang menjadi penyebab utama pemanasan global dan perubahan iklim. Penebangan dapat meningkatkan karbon di dalam atmosfer, dengan alasan dua hal: pertama, kayu akan dan zat organik tanah dan sekitar 77,9% karbon mampu diserap oleh hutan sebagai tempat optimal hutan tersebut.</p> <p>Yuk Baca Penyebab Deforestasi Mutan</p>	
		<p>ELABORASI KEGIATAN PEMBELAJARAN 1</p> <p>Dampak La Niña dan El Niño di Indonesia</p> <p>El Niño dan La Niña memiliki dampak yang signifikan pada cuaca dan iklim di Indonesia, yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> El Niño: Ketika terjadi El Niño, Indonesia cenderung mengalami musim kemarau yang lebih panjang dan sering dan bencana. Fenomena ini dapat menyebabkan kekurangan yang parah, terutama di daerah-daerah yang bergantung pada curah hujan musiman untuk pertanian dan pasokan air. Kekurangan air dapat mengakibatkan gagal panen, ketegangan, dan kebakaran hutan serta lahan yang luas. Sebaliknya, El Niño juga dapat meningkatkan suhu udara secara keseluruhan, meningkatkan risiko kebakaran hutan dan lahan. La Niña: Sebaliknya, ketika La Niña terjadi, Indonesia cenderung mengalami musim hujan yang lebih basah dari biasanya. Fenomena ini dapat menyebabkan banjir dan tanah longsor yang parah, terutama di daerah-daerah yang rentan terhadap gangguan air dan erosi. Banjir dan tanah longsor dapat mengakibatkan kerusakan infrastruktur, kehilangan nyawa, dan kerugian ekonomi yang signifikan. Di sisi lain, La Niña juga dapat menyebabkan dampak positif bagi pertanian dengan meningkatkan ketersediaan air untuk irigasi dan menyebarkan hama. Perubahan Pola Hujan: Selama periode El Niño, Indonesia cenderung mengalami musim kemarau yang lebih panjang dan sering dari biasanya, sementara selama La Niña, musim hujan cenderung lebih basah dan sering. Hal ini dapat menyebabkan banjir dan tanah longsor yang parah di seluruh wilayah Indonesia, dengan potensi risiko kekurangan dan banjir yang meningkat. Kesehatan dan Kesejahteraan: Perubahan pola cuaca yang disebabkan oleh El Niño dan La Niña juga dapat mempengaruhi kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Selama periode El Niño, meningkatnya suhu dan kekurangan dapat meningkatkan risiko kebakaran hutan dan gangguan pernapasan akibat polusi udara. Di sisi lain, selama La Niña, gangguan air yang berlebihan dapat menjadi sangat parah dan meningkatkan risiko penyakit menular. Ketersediaan Air dan Pangan: Koneksi cuaca ekstrem yang terkait dengan El Niño dan La Niña dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk irigasi dan produksi air rumah, serta produksi pangan. Ketegangan yang berkembang selama El Niño dapat mengganggu pertanian dan menyebabkan gagal panen, sementara banjir selama La Niña dapat merusak tanaman dan infrastruktur pertanian. 	<p>Pada Kegiatan Pembelajaran 1,2, dan 3 sudah tidak terdapat perintah kepada peserta didik untuk membaca sumber bacaan lainnya.</p>

ELABORASI KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

GAS-GAS RUMAH KACA

Gas-gas yang termasuk gas rumah kaca tertangkap adalah uap air dan karbondioksida. Gas rumah kaca yang meningkat paling banyak karena suhu manusia adalah metana, nitroge oksida, dan CFC.

UAP AIR

Gas rumah kaca yang paling banyak adalah uap air yang mencapai atmosfer akibat penguapan air laut, daratan dan sungai. Uap air sendiri tidak terlihat, bahkan di udara akan tampak abut yang terjadi ketika uap air membeku butiran-butiran air. Uap air adalah gas rumah kaca yang terbanyak di alam.

Jumlah uap air dalam atmosfer berada dalam kondisi konstan dan dipengaruhi terutama oleh suhu global. Jika bumi menjadi lebih hangat, jumlah uap air akan meningkat karena semakin laju penguapan. Ternyata, hal ini akan meningkatkan efek rumah kaca yang memicu terjadinya pemanasan global.

KARBON DIOKSIDA

Merupakan gas rumah kaca tertangkap kedua, setelah uap air. Gas ini dapat dihasilkan dari berbagai proses alam, seperti letusan gunung (vulkani) penguapan hewan dan manusia, dan pembakaran material organik seperti tumbuhan. Berbagai aktivitas manusia juga dapat meningkatkan jumlah karbondioksida di atmosfer.

ELABORASI KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

01 DEFORESTASI HUTAN

Penyebab deforestasi yang umum di Indonesia antara lain yaitu:

- Keberasan Hutan:** Hal ini adalah alasan utamanya Indonesia didaftarkan dengan bencana kebakaran hutan, pada tahun 2022 tercatat mencapai 198.571 ha yang terbakar dan menyebabkan bencana asap yang membahayakan kesehatan seluruh masyarakat Indonesia.
- Pertukaran lahan perkebunan:** Perkebunan lahan perkebunan secara ekologis berdampak langsung terhadap angka penguapan hutan.
- Perubahan Hutan:** Untuk memenuhi kegiatan manusia, perlu faktor ekonomi, ketersediaan masyarakat, dan kesehatan sosial di lokasi.
- Program Transmigrasi:** Kawasan pemukiman transmigrasi terus bertambah dan akan terus berkembang yang membutuhkan area untuk membuka aktivitas pertanian.
- Pertambangan dan Pengaliran Sungai:** Aktivitas pertambangan dan pengaliran sungai menyebabkan adanya bekas pertambangan di kawasan hutan yang kondisi tanahnya sudah berubah-ubah.

Jika deforestasi dan kebakaran hutan terjadi terus-menerus dan tidak segera ada penanganan, akan mempengaruhi terjadinya pemanasan global. Ekosistem yang makin meningkat dapat dihilangkan upaya pengurangan agar lebih tinggi deforestasi tidak mengancam lingkungan, berbagai upaya dapat dilakukan yaitu dengan melakukan perubahan dengan sistem tebang pilih yang mana sistem tebang pilih ini akan mampu menjaga siklus keberlanjutan ekosistem hutan dan berfokus dalam penyediaan kebutuhan, pada sistem tebang pilih juga melakukan pemantauan kesehatan agar kegiatan-kegiatan tersebut tidak menyebabkan kerugian. Kerusakan dapat dilakukan dengan upaya konservasi atau penghapusan yaitu melakukan pemantauan kesehatan pada kawasan hutan, sedangkan melakukan penghijauan pada kawasan non hutan, karena hutan yang mengandung pasir tak mampu menyimpan tanggunya dengan baik.

3.

Sebelum

PERCOBAAN FENOMENA PAMANAN GLOBAL

- Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam percobaan.
- Kurangi jumlah benang yang akan ditimbang sebanyak 2 buah (jangan dimasukkan agar dapat bergerak keatas & keatasnya sedikit).
- Tutup salah satu yang pada setiap tabung menggunakan kertas hitam hitam.
- Berikan label pada masing-masing tabung yaitu tabung A dan tabung B.
- Letakkan masing-masing tabung tabung hitam pada bagian atas.
- Tanaman yang sudah di siapkan dimasukkan ke dalam tabung B sebagian tabung A diletakkan pada tanaman.
- Lalu letakkan kedua tabung tersebut di bawah sinar matahari.
- Kemudian masukkan termometer sebelum dan sesudah masing-masing tabung.
- Amati dan catat suhu yang tertera pada termometer pada waktu tertentu.

D. TEORI DASAR

(Tentukan fenomena yang berkaitan dengan percobaan pemanasan global min. 3 sumber)

E. DATA PENGAMATAN

No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)	
		Tabung A	Tabung B
1.	3		
2.	6		
3.	9		

Pada LKPD Kegiatan Pembelajaran 1,2, dan 3 masih ada kolom untuk menuliskan teori yang berasal min. 3 sumber lain selain IDMP.

	Revisi	<p>PERCOBAAN FENOMENA PEMANASAN GLOBAL</p> <ol style="list-style-type: none"> Siapkan air dan bahan yang akan digunakan dalam percobaan Ruang penguji bejana susun jadi terdiri tabung sebanyak 2 buah (ukuran disesuaikan agar dapat menampung tanaman di pemanasan sebelumnya) Tutup salah satu ujung pada setiap tabung menggunakan kertas karton hitam Letakkan label pada masing-masing tabung, yaitu tabung A dan tabung B Letakkan sisi tabung yang tertutup kertas karton hitam pada bagian atas Tanaman yang sudah di siapkan dimasukkan ke dalam tabung B sedangkan tabung A dibiarkan tanpa tanaman Lalu letakkan kedua tabung tersebut di bawah sinar matahari Kemudian masukkan thermometer kedalam masing-masing tabung Amati dan catat suhu yang tertera pada thermometer pada waktu tertentu <p>D. DALAM PENGAMATAN</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th rowspan="2">Waktu (menit)</th> <th colspan="2">Suhu (°C)</th> </tr> <tr> <th>Tabung A</th> <th>Tabung B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>9</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>E. HASIL PEMBAHASAN</p> <p>Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini!</p> <ol style="list-style-type: none"> Analisis perbedaan suhu pada Tabung A dan Tabung B berdasarkan data yang kalian peroleh, kemudian buat simpulan dan percobaan yang telah kalian lakukan! Faktor apa saja yang mempengaruhi perbedaan suhu pada kedua tabung tersebut? Bagaimana peran tanaman dalam menjaga stabilitas suhu pada pemanasan bumi? Salah satu percobaan ini dapat diformulasikan pemanasan global! Apakah percobaan ini dapat menjadi solusi permasalahan yang dikemukakan? Bagaimana arah penelitian yang sedang berlangsung untuk mengatasi pemanasan? Langkah apa yang dapat kalian lakukan untuk meminimalkan pemanasan suhu bumi akibat fenomena pemanasan global? 	No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)		Tabung A	Tabung B	1	3			2	6			3	9			<p>Pada LKPD Kegiatan Pembelajaran 1,2, dan 3 sudah tidak terdapat kolom untuk menuliskan teori yang berasal min. 3 sumber lain selain IDMP.</p>
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)																			
		Tabung A	Tabung B																		
1	3																				
2	6																				
3	9																				

4. Model Draft Revisi Ahli Pembelajaran

Ahli pembelajaran tidak memberikan revisi terhadap aspek pembelajaran yang disajikan dalam *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Pada uji kelayakan ahli pembelajaran hanya terdapat catatan yaitu “Secara keseluruhan sudah baik”.

5. Model Draft Revisi Ahli Materi

Model draft ini berisi hasil revisi dari ahli materi terhadap aspek materi yang disajikan dalam pengembangan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. **Tabel 4.4.** menunjukkan hasil model draft berdasarkan hasil revisi ahli materi.

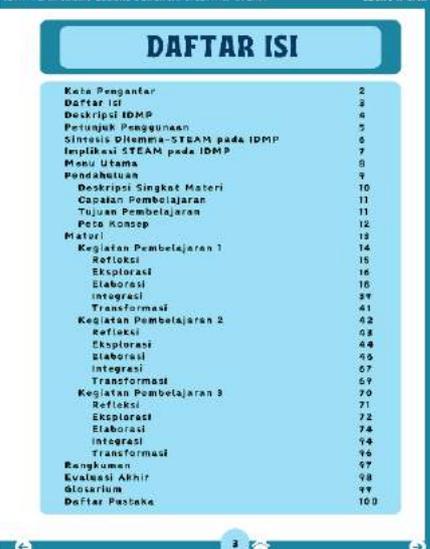
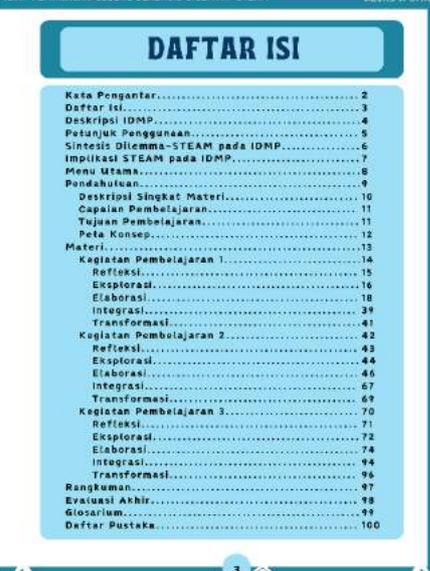
Tabel 4.4. Hasil Model Draft Revisi Ahli Materi

No.	Ket	Tampilan	Deskripsi
	Sebelum		Belum terdapat gambar yang digunakan pada sumber yang digunakan.
1.	Revisi		Sudah terdapat gambar yang digunakan pada sumber yang digunakan.

6. Model Draft Guru Fisika

Model draft ini berisi hasil revisi dari guru fisika terhadap pengembangan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Tabel 4.5. menunjukkan hasil model draft berdasarkan hasil revisi guru fisika.

Tabel 4.5. Hasil Model Draft Guru Fisika

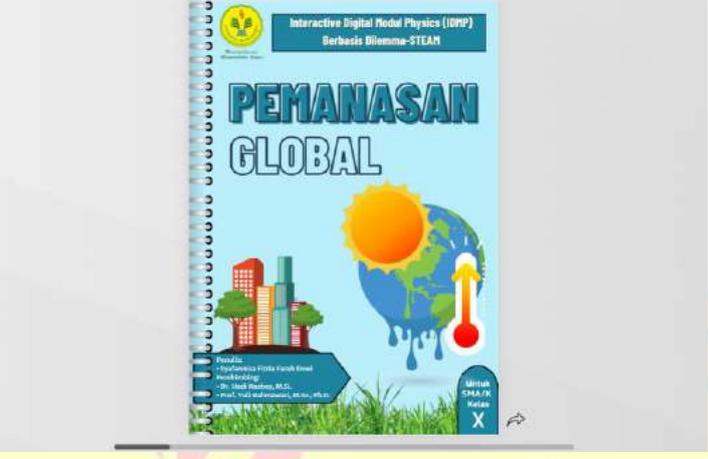
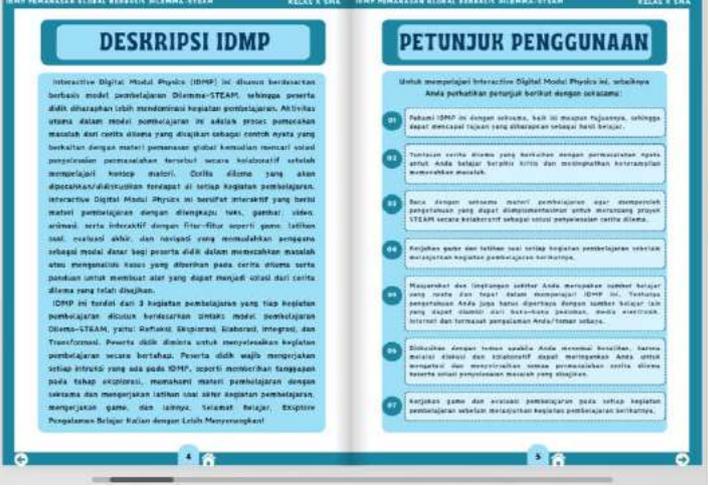
No.	Ket	Tampilan	Deskripsi
1.	Sebelum		Belum terdapat titik-titik pada daftar isi.
1.	Revisi		Sudah terdapat titik-titik pada daftar isi.

	Sebelum		Teks pada halaman 27 masih terlalu padat.
2.	Revisi		Teks pada halaman 27 sudah dipersingkat.

7. Model Final

Model final adalah model draft modul yang berisi tampilan final modul yang sudah dilakukan revisi saat uji kelayakan ahli media, uji kelayakan ahli pembelajaran, dan uji kelayakan ahli materi serta revisi dari hasil uji coba guru fisika. **Tabel 4.6.** merupakan hasil model final pengembangan *Interactive Digital Modul Physics (IDMP)* berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global.

Tabel 4.6. Hasil Model Final

Bagian	Tampilan
Cover	
Kata Pengantar & Daftar Isi	
Deskripsi IDMP & Petunjuk Penggunaan	

Menu utama & Pendahuluan

MENU UTAMA

- Pendahuluan
- Materi
- Rangkuman
- Evaluasi
- Glosarium

PENDAHULUAN

DESKRIPSI SINGKAT MATERI
Berisi tentang gambaran umum dari materi pemanasan global yang akan dipelajari.

CAPAIAN PEMBELAJARAN
Berisi tentang kemampuan atau pengetahuan yang diharapkan siswa dapat capai setelah menyelesaikan pembelajaran.

TUJUAN PEMBELAJARAN
Berisi tentang urutan atau rangkaian tujuan pembelajaran yang harus dicapai secara bertahap.

PETA KONSEP
Berisi representasi visual dari hubungan antara konsep-konsep materi yang akan dibahas dalam pembelajaran.

Peta Konsep & Materi

Deskripsi Singkat Materi

Masalah lingkungan yang kita hadapi dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal yang harus diperhatikan di masa depan pemanasan udara. Hal ini bukan hanya disebabkan oleh kegiatan industri, tetapi juga oleh aktivitas manusia dalam rumah tangga. Pemanasan udara akibat gas rumah kaca berenergi sangat kuat di atmosfer di atas permukaan, padahal dampak pemanasan bukan hanya rumah kaca jangka panjang seperti luar biasa, tetapi yang sedang dialami oleh penduduk seluruh dunia yaitu terjadinya pemanasan global (global warming). Tidak hanya peningkatan kandungan berenergi, masih banyak aktivitas manusia yang sering dilakukan tetapi dapat menjadi penyebab pemanasan global, seperti perubahan tanah sawah, pemukiman, pemukiman listrik & perubahan hutan.

Materi pemanasan global ini adalah materi yang sangat penting, karena akan sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan kesehatan manusia, serta akan sangat mempengaruhi kemampuan manusia yang sering dilakukan tetapi dapat menjadi penyebab pemanasan global, seperti perubahan tanah sawah, pemukiman, pemukiman listrik & perubahan hutan.

Materi pemanasan global ini adalah materi yang sangat penting, karena akan sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan kesehatan manusia, serta akan sangat mempengaruhi kemampuan manusia yang sering dilakukan tetapi dapat menjadi penyebab pemanasan global, seperti perubahan tanah sawah, pemukiman, pemukiman listrik & perubahan hutan.

Capaian Pembelajaran

PEMAHAMAN KONSEP
Peserta didik mampu mendeskripsikan gejala alam dalam cakupan keterampilan proses dalam pengaturan, perubahan iklim dan pemanasan global, pemecahan lingkungan, energi alternatif, dan pemanfaatannya.

KETERAMPILAN PROSES
Mengasah, memperbarui dan memproduksi, merencanakan dan melakukan penyelidikan, memproses, menganalisis data dan informasi, meneliti, mengevaluasi dan refleksi, mengomunikasikan hasil.

Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik mampu mendefinisikan pemanasan global yang ditandai dengan fakta-fakta perubahan lingkungan.
2. Peserta didik mampu menjelaskan efek rumah kaca sebagai penyebab utama terjadinya perubahan lingkungan.
3. Peserta didik mengidentifikasi aktivitas manusia yang menjadi penyebab pemanasan global dan merancang strategi tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi pemanasan global.

Peta Konsep

PEMANASAN GLOBAL

- Definisi Pemanasan Global & Fakta-fakta Perubahan Lingkungan
 1. Pemanasan Global
 2. Peningkatan suhu permukaan Air Laut
 3. Menghilangnya Salju Abadi di Pegunungan
 4. Mencairnya Es di Kutub
 5. Kematian Pamanasan Air Laut
 6. G. Hutan dan La Es, Ombak Ekstrem
- Peningkatan kadar CO₂, Atmosfer & Efek Rumah Kaca
 1. Peningkatan kadar CO₂
 2. Efek Rumah Kaca
 3. Hubungan Efek Rumah Kaca dengan Pemanasan Global
- Aktivitas Manusia yang Menyebabkan Pemanasan Global & Solusi Mengatasinya
 1. Penyebab Pemanasan Global (Aktifitas Manusia, Pemanasan Bumi, Perubahan Suhu, Peningkatan Suhu, Peningkatan Suhu, Peningkatan Suhu)
 2. Solusi Mengatasi Pemanasan Global (Penggunaan Energi Terbarukan, Mengurangi Sampah, Mengurangi Penggunaan Plastik, Mengurangi Penggunaan Plastik, Mengurangi Penggunaan Plastik)

MATERI

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1
DEFINISI PEMANASAN GLOBAL DAN FAKTA-FAKTA PERUBAHAN LINGKUNGAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2
PENINGKATAN KADAR CO₂ ATMOSFER & EFEK RUMAH KACA

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3
AKTIVITAS MANUSIA YANG MENYEBABKAN PEMANASAN GLOBAL DAN SOLUSI UNTUK MENGATASINYA

Kegiatan Pembelajaran 2

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

PENINGKATAN KADAR CO₂ ATMOSFER & EFEK RUMAH KACA

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN:

1. Peserta didik mampu menjelaskan penyebab utama terjadinya perubahan lingkungan.
2. Peserta didik mampu mendeskripsikan konsep efek rumah kaca dan gas-gas rumah kaca.
3. Peserta didik mampu menjelaskan sumber-sumber emisi gas rumah kaca yang menyebabkan perubahan lingkungan sebagai dampak pemanasan global.
4. Peserta didik mampu menjelaskan pengaruh utama perubahan perubahan iklim sebagai cara mengatasi pemanasan global melalui politik, kemasyarakatan, lingkungan, dan mengimplementasikan praktiknya secara lisan.

LANGKAH-LANGKAH PEMBELAJARAN

REFLEKSI
EKSPLORASI
ELABORASI
INTEGRASI
TRANSFORMASI

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

REFLEKSI

Indonesia memiliki 17 juta ton sampah sepanjang 2021. Bagaimana jumlah sampah yang dihasilkan hingga berakhir-mengapa. Bagaimana yang bisa kita lakukan sebagai bentuk kepedulian dan kepedulian?

Soal 1.1 Sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga, karena tidak terdapatnya teknologi pengolahan sampah organik yang memadai, maka sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

Soal 1.2 Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

REFLEKSI

Indonesia memiliki 17 juta ton sampah sepanjang 2021. Bagaimana jumlah sampah yang dihasilkan hingga berakhir-mengapa. Bagaimana yang bisa kita lakukan sebagai bentuk kepedulian dan kepedulian?

Soal 1.1 Sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga, karena tidak terdapatnya teknologi pengolahan sampah organik yang memadai, maka sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

Soal 1.2 Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

REFLEKSI

Indonesia memiliki 17 juta ton sampah sepanjang 2021. Bagaimana jumlah sampah yang dihasilkan hingga berakhir-mengapa. Bagaimana yang bisa kita lakukan sebagai bentuk kepedulian dan kepedulian?

Soal 1.1 Sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga, karena tidak terdapatnya teknologi pengolahan sampah organik yang memadai, maka sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

Soal 1.2 Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

REFLEKSI

Indonesia memiliki 17 juta ton sampah sepanjang 2021. Bagaimana jumlah sampah yang dihasilkan hingga berakhir-mengapa. Bagaimana yang bisa kita lakukan sebagai bentuk kepedulian dan kepedulian?

Soal 1.1 Sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga, karena tidak terdapatnya teknologi pengolahan sampah organik yang memadai, maka sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

Soal 1.2 Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

REFLEKSI

Indonesia memiliki 17 juta ton sampah sepanjang 2021. Bagaimana jumlah sampah yang dihasilkan hingga berakhir-mengapa. Bagaimana yang bisa kita lakukan sebagai bentuk kepedulian dan kepedulian?

Soal 1.1 Sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga, karena tidak terdapatnya teknologi pengolahan sampah organik yang memadai, maka sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

Soal 1.2 Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

REFLEKSI

Indonesia memiliki 17 juta ton sampah sepanjang 2021. Bagaimana jumlah sampah yang dihasilkan hingga berakhir-mengapa. Bagaimana yang bisa kita lakukan sebagai bentuk kepedulian dan kepedulian?

Soal 1.1 Sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga, karena tidak terdapatnya teknologi pengolahan sampah organik yang memadai, maka sampah organik yang terdapat pada sampah rumah tangga akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

Soal 1.2 Bagaimana cara mengatasi bau yang tidak sedap pada sampah organik?

Kegiatan Pembelajaran 3

REFLEKSI

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

AKTIVITAS MANUSIA YANG MENYEBABKAN PEMANASAN GLOBAL DAN SOLUSI UNTUK MENGATASINYA

ALAM TUJUAN PEMBELAJARAN:

1. Peserta didik mampu mengidentifikasi aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan lingkungan.
2. Peserta didik mampu merancang strategi tindakan yang dapat mengurangi dampak perubahan lingkungan.
3. Peserta didik mampu menyampaikan saran dan pendapat mengenai solusi untuk mengatasi perubahan lingkungan sebagai dampak pemanasan global.
4. Peserta didik mampu mengajukan gagasan untuk melakukan pembuatan proyek sebagai cara mengatasi pemanasan global melalui produk, kampanye, pengabdian masyarakat, dan pengorganisasian produksi secara fisik.

LAMBANG-LAMBANG PEMBELAJARAN

- REFLEKSI
- EKSPLORASI
- ELABORASI
- ROTASI
- TRANSFORMASI

REFLEKSI

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

ANUN KENCAMU INOVASI, MENYINGGUNG MATA DEPAN ENERGI BERSIH

Potensi Energi Angin di Indonesia

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki garis pantai yang panjang. Kondisi ini dapat menjadi peluang yang sangat baik untuk memanfaatkan energi angin yang melanda pantai-pantai tersebut. Saat ini, Indonesia memiliki potensi energi angin yang sangat besar. Menurut data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Indonesia memiliki potensi energi angin sebesar 100 GW. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk mengembangkan energi angin sebagai sumber energi yang bersih dan berkelanjutan.

Untuk mengoptimalkan potensi energi angin ini, diperlukan berbagai upaya, seperti membangun infrastruktur yang memadai, meningkatkan kesadaran masyarakat, dan melakukan penelitian-penelitian yang mendalam mengenai teknologi energi angin yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

EKSPLORASI

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

ANUN HARAPAN MEMBANGUN MASA DEPAN BERSAMA DI KOTA KECIL

Di antara kota-kota kecil yang terkenal di dunia, ada satu kota yang sangat istimewa. Kota ini bukan hanya indah, tetapi juga memiliki potensi yang sangat besar untuk berkembang menjadi kota yang maju dan modern. Kota ini adalah Kota Kecil. Kota Kecil memiliki banyak keunggulan, seperti lingkungan yang asri, budaya yang kaya, dan potensi ekonomi yang besar. Dengan memanfaatkan potensi-potensi ini, Kota Kecil dapat membangun masa depan yang lebih cerah dan berkelanjutan.

Salah satu tantangan yang dihadapi Kota Kecil adalah kurangnya infrastruktur yang memadai. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan investasi yang besar dalam pembangunan infrastruktur, seperti jalan raya, jembatan, dan fasilitas publik lainnya. Dengan meningkatkan infrastruktur, Kota Kecil dapat menarik investasi dari luar negeri dan menciptakan lapangan kerja yang banyak.

EKSPLORASI

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

ANUN HARAPAN MEMBANGUN MASA DEPAN BERSAMA DI KOTA CECIL

Kota kecil memiliki banyak potensi yang dapat dimanfaatkan untuk membangun masa depan yang lebih cerah. Salah satu potensi yang sangat besar adalah sumber daya manusia yang berkualitas. Dengan meningkatkan kualitas pendidikan dan pelatihan, Kota Kecil dapat menciptakan tenaga kerja yang siap bersaing di pasar global.

Salah satu tantangan yang dihadapi Kota Kecil adalah kurangnya modal ventura. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan upaya untuk menarik investasi dari luar negeri dan meningkatkan kepercayaan investor. Dengan meningkatkan kepercayaan investor, Kota Kecil dapat menarik modal ventura yang banyak dan mempercepat pertumbuhan ekonominya.

PERTANYAAN:

1. Apakah manfaat lingkungan juga penting dari pembangunan? Untuk apa saja? Bagaimana kita bisa memastikan bahwa proyek-proyek pembangunan tidak merusak lingkungan?
2. Bagaimana cara kita memastikan bahwa proyek-proyek pembangunan tidak hanya menguntungkan pemerintah, tetapi juga masyarakat?
3. Bagaimana cara kita memastikan bahwa proyek-proyek pembangunan tidak hanya menguntungkan pemerintah, tetapi juga masyarakat?
4. Apakah ada alternatif lain yang dapat dipertimbangkan? Apa saja tantangan lain yang dihadapi kota-kota kecil?

TULISAN TANGGAPAN KALIAN DIWAJIBKAN!

YUK RI TANGGAPAN

INTEGRASI

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

PROYEK STEAM MINATUR KINCIR ANGIN SEBAGAI PENYELESAIAN CERITA DIEMMA "ANGIN HARAPAN MEMBANGUN MASA DEPAN BERSAMA DI KOTA KECIL"

INTRINSI TUGAS:

1. Buatlah kelompok yang terdiri dari 3-5 peserta didik.
2. Download LKPD yang telah disiapkan sebagai panduan untuk menyelesaikan proyek.
3. Tonton Video Pembuatan Minatur Kincir Angin dibawah ini.
4. Lakukan percobaan tersebut sesuai petunjuk.
5. Dokumentasikan Proses Pembuatan Minatur Kincir Angin dalam bentuk Video.
6. Lakukan hasil percobaan tersebut dengan melengkapi LKPD yang telah disediakan.

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

Silahkan Download LKPD Pembuatan Minatur Kincir Angin sebagai acuan dalam melakukan proyek pembuatan PLTA!

DOWNLOAD LKPD

INTEGRASI

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

PROYEK STEAM MINATUR KINCIR ANGIN SEBAGAI PENYELESAIAN CERITA DIEMMA "ANGIN HARAPAN MEMBANGUN MASA DEPAN BERSAMA DI KOTA KECIL"

VIDEO PEMBATAN MINATUR KINCIR ANGIN

BELAJAR DARI DI RUMAH! Mod 1 LISTRIK TENAGA ANGIN

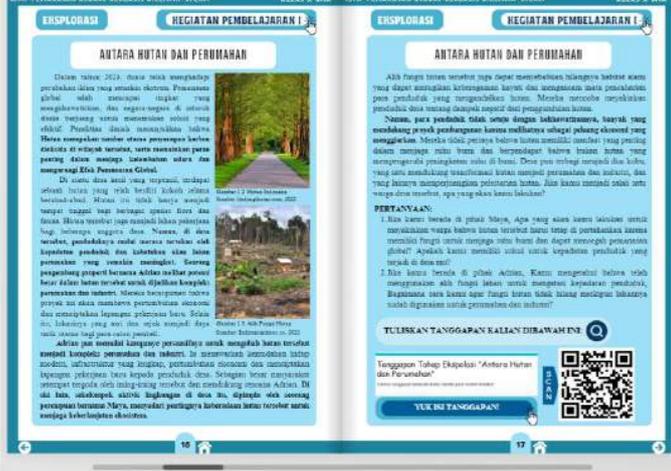
UPLOAD LKPD

Silahkan Upload LKPD dan Video Pembuatan Minatur Kincir Angin yang telah kalian selesaikan sesuai dengan proyek yang kalian buat!

KUMPULKAN LKPD

Pengembangan *Interactive Digital Modul Physics (IDMP)* mengikuti tahapan Dilemma-STEAM yang terlihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7. Pola Desain IDMP berbasis Dilemma STEAM materi Pemanasan Global

Tampilan	Keterangan
 <p>The screenshot shows the first learning activity page. It features a central navigation menu with five buttons: REFLEKSI (highlighted), EKSPLORASI, ELABORASI, INTEGRASI, and TRANSFORMASI. To the left, there are sections for 'ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN' and 'LANGKAH-LANGKAH PEMBELAJARAN'. To the right, there is a 'REFLEKSI' section with a video player and text content.</p>	<p>Tahap Refleksi: Disajikan studi kasus berupa berita yang berkaitan dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang membutuhkan solusi penyelesaian.</p>
 <p>The screenshot shows the second learning activity page. It features an 'EKSPLORASI' section with a video player and text content. Below the video, there is a section titled 'TULISKAN TANGGAPAN RALIAN DIRAWAHINI' with a QR code and a text input area.</p>	<p>Tahap Eksplorasi: Disajikan cerita dilemma yang berkaitan dengan studi kasus yang telah disajikan. Peserta didik memberikan tanggapan terkait pertanyaan yang terdapat pada cerita dilema.</p>

	<p>Tahap Elaborasi: Disajikan materi yang berkaitan dengan permasalahan yang dijadikan acuan dalam membuat proyek STEAM.</p>
	<p>Tahap Integrasi: Disajikan LKPD dan contoh video pembuatan yang menjadi pedoman dalam penyusunan proyek STEAM.</p>
	<p>Tahap Transformasi: Disajikan soal evaluasi pembelajaran dan lembar refleksi diri peserta didik.</p>

Interactive Digital Modul Physics (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global dapat diakses melalui barcode atau tautan yang disajikan pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8. Akses IDMP Pemanasan Global berupa Tautan dan Barcode

Tautan	https://heyzine.com/flip-book/b24f38fa10.html
Barcode	

B. Hasil Kelayakan Model

Interactive Digital Modul Physics (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global yang telah dikembangkan kemudian dilakukan uji kelayakan oleh ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran. Uji kelayakan bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global sebelum produk digunakan untuk uji coba penggunaan kepada guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran di sekolah. Produk yang telah di uji kelayakannya kemudian direvisi sesuai saran ahli. Penilaian untuk kelayakan produk dilakukan oleh dosen pendidikan fisika UNJ, dengan ahli materi dilakukan oleh Bapak Syafrima Wahyu, M.Si., ahli media oleh Ibu Upik Rahma Fitri, M.PD., dan ahli pembelajaran oleh Ibu Ely Rismawati, M.Pfis. Indikator penilaian uji kelayakan ditentukan berdasarkan interpretasi nilai yang didapat dari hasil perhitungan data uji kelayakan, yang terdiri dari 5 tingkatan penilaian berdasarkan skala likert, mulai dari poin 1 “Sangat Tidak Layak” hingga poin 5 “Sangat Layak”.

1. Hasil Uji Kelayakan Media

Uji kelayakan media bertujuan untuk mengetahui kelayakan media pembelajaran pada *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Uji kelayakan media dilakukan oleh Ibu Upik Rahma Fitri, M.Pd. yang dilaksanakan pada 7 Mei 2024 Pukul 14.00 WIB di ruang diskusi

pendidikan fisika yang diawali dengan pemaparan produk dan membagikan instrumen uji kelayakan ahli media yang terdiri dari 3 aspek, yaitu aspek karakteristik IDMP, aspek kegrafikan/komponen IDMP, dan aspek bahasa. Berikut adalah hasil uji kelayakan media oleh ahli media.

Tabel 4.9. Hasil Kelayakan Ahli Media

No.	Aspek	Persentase	Interpretasi
1.	Karakteristik IDMP	88%	Sangat Layak
2.	Kegrafikan/Komponen IDMP	100%	Sangat Layak
3.	Bahasa	93,4%	Sangat Layak
Rata-Rata		93,8%	Sangat Layak

Berdasarkan data hasil uji kelayakan media oleh ahli media, terlihat bahwa pada aspek karakteristik IDMP memperoleh persentase sebesar 88% dengan skala interpretasi sangat layak karena produk telah menerapkan karakteristik e-modul yakni *self intructional*, *self contained*, *stand alone*, *adaptive*, dan *user friendly* (KPUPR, 2019), untuk aspek kegrafikan/komponen IDMP memperoleh persentase 100% dengan skala interpretasi sangat layak karena produk telah menerapkan unsur interaktif yang dapat memotivasi peserta didik dalam melakukan kegiatan pembelajaran (Hasan et.al., 2021), dan untuk aspek bahasa sebesar 93,4% dengan skala interpretasi sangat layak karena bahasa yang digunakan telah menggunakan bahasa yang bersifat komunikatif (bahasa guru) sehingga mampu menjelaskan materi pembelajaran dengan baik dan mudah dipahami oleh peserta didik (Farisyi, 2018). Persentase rata-rata yang didapat dari uji kelayakan media sebesar 93,8%. Hasil ini memperoleh skala interpretasi “Sangat Layak” pada media *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Pada tahap uji kelayakan media, terdapat beberapa saran diantaranya karakteristik *stand alone* pada IDMP masih belum terlihat, evaluasi kegiatan pembelajaran 1 belum dicantumkan *link* evaluasi pada IDMP, serta setiap tugas dan evaluasi yang disajikan tidak boleh berasal dari sumber/referensi lainnya selain IDMP. Perbaikan dilakukan berdasarkan saran dan masukan dari ahli media.

2. Hasil Uji Kelayakan Pembelajaran

Uji kelayakan pembelajaran bertujuan untuk mengetahui kelayakan model pembelajaran Dilemma STEAM pada *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) materi pemanasan global. Uji kelayakan pembelajaran dilakukan oleh Ibu Ely Rismawati, M.Pfis. yang dilaksanakan pada 8 Mei 2024 Pukul 15.00 WIB di ruang dosen rumpun fisika yang diawali dengan pemaparan produk dan membagikan instrumen uji kelayakan ahli pembelajaran yang terdiri dari 3 aspek, yaitu aspek pembelajaran, aspek karakteristik Dilemma-STEAM, dan aspek Tahapan/Sintaks Dilemma-STEAM. Berikut adalah hasil uji kelayakan pembelajaran oleh ahli pembelajaran.

Tabel 4.10. Hasil Kelayakan Ahli Pembelajaran

No.	Aspek	Persentase	Interpretasi
1.	Pembelajaran	100%	Sangat Layak
2.	Karakteristik Dilemma-STEAM	90%	Sangat Layak
3.	Tahapan Dilemma STEAM	92,5%	Sangat Layak
Rata-Rata		94,2%	Sangat Layak

Berdasarkan data hasil uji kelayakan pembelajaran oleh ahli pembelajaran, terlihat bahwa pada aspek pembelajaran memperoleh persentase sebesar 100% dengan skala interpretasi sangat layak karena produk telah disesuaikan dengan tujuan dan capaian pembelajaran kurikulum merdeka Fase E dan berpusat pada peserta didik, untuk aspek karakteristik Dilemma-STEAM memperoleh persentase 90% dengan skala interpretasi sangat layak karena cerita dilema yang disajikan sudah mengangkat isu-isu sosial dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan materi pembelajaran (Istianah, 2020) serta proyek yang disajikan secara kolaborasi merupakan solusi terhadap masalah yang disajikan (Rahmawati et al., 2019), dan untuk aspek tahapan Dilemma-STEAM sebesar 92,5% dengan skala interpretasi sangat layak karena telah mengikuti tahapan Dilemma-STEAM yang terdiri dari tahap refleksi, eksplorasi, elaborasi, integrasi, dan transformasi (Rahmawati et al., 2019). Persentase

rata-rata yang didapat dari uji kelayakan pembelajaran sebesar 94,2%. Hasil ini memperoleh skala interpretasi “Sangat Layak” pada pembelajaran *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Pada tahap uji kelayakan pembelajaran, tidak terdapat saran dan masukan dari ahli secara keseluruhan sudah bagus dan sesuai dengan model pembelajaran Dilemma-STEAM.

3. Hasil Uji Kelayakan Materi

Uji kelayakan materi bertujuan untuk mengetahui kelayakan materi pemanasan global yang digunakan pada *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM. Uji kelayakan materi dilakukan oleh Bapak Syafrima Wahyu, M.Si. yang dilaksanakan pada 13 Mei 2024 Pukul 11.00 WIB di ruang dosen rumpun fisika yang diawali dengan pemaparan produk dan membagikan instrumen uji kelayakan ahli pembelajaran yang terdiri dari 3 aspek, yaitu aspek materi, aspek penyajian, dan aspek Bahasa. Berikut adalah hasil uji kelayakan materi oleh ahli materi.

Tabel 4.11. Hasil Kelayakan Ahli Materi

No.	Aspek	Persentase	Interpretasi
1.	Materi	97,5%	Sangat Layak
2.	Penyajian	95%	Sangat Layak
3.	Bahasa	93,4%	Sangat Layak
Rata-Rata		95,3 %	Sangat Layak

Berdasarkan data hasil uji kelayakan materi oleh ahli materi, terlihat bahwa pada aspek materi memperoleh persentase sebesar 97,5% dengan skala interpretasi sangat layak karena produk telah disesuaikan dengan tujuan dan capaian pembelajaran kurikulum merdeka Fase E serta telah menghadirkan konsep pemanasan global dalam kehidupan sehari-hari, untuk aspek penyajian memperoleh persentase 95% dengan skala interpretasi sangat layak karena materi pembelajaran telah dilengkapi dengan karakteristik IDMP, dan untuk aspek bahasa sebesar 93,4% dengan skala interpretasi sangat layak karena telah menggunakan bahasa yang

mudah dipahami dan tidak bermakna ganda. Persentase rata-rata yang didapat dari uji kelayakan materi sebesar 95,3%. Hasil ini memperoleh skala interpretasi “Sangat Layak” pada materi pemanasan global yang disajikan menggunakan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM. Pada tahap uji kelayakan materi, terdapat saran dan masukan untuk menambahkan tahun pada setiap referensi yang digunakan. Selanjutnya perbaikan akan dilakukan berdasarkan saran dan masukan dari ahli materi.

C. Hasil Efektivitas Model

Efektivitas Model dilakukan setelah produk dinyatakan “Layak” oleh ketiga ahli. Selain itu, produk juga telah direvisi berdasarkan saran dan masukan dari para ahli saat uji kelayakan. Selanjutnya, produk akan di lakukan uji coba penggunaan kepada guru fisika dan peserta didik kelas X SMA. Uji coba penggunaan diawali dengan pemaparan produk yang telah dikembangkan selanjutnya memberikan lembar instrumen penilaian kepada guru fisika, sementara peserta didik melakukan penilaian melalui kuisisioner yang dibagikan melalui *google form*. Peserta didik yang boleh memberikan penilaian adalah peserta didik yang sudah pernah/sedang mempelajari materi pemanasan global. Indikator penilaian uji coba penggunaan ditentukan berdasarkan interpretasi nilai yang didapat dari hasil perhitungan data uji coba penggunaan, yang terdiri dari 5 tingkatan penilaian berdasarkan skala likert, mulai dari poin 1 dengan kriteria “Sangat Tidak Baik” hingga poin 5 “Sangat Baik”.

1. Uji Coba Penggunaan Guru Fisika

Uji coba penggunaan produk oleh guru fisika melibatkan tiga guru fisika di SMA Labschool Jakarta, yaitu Ibu Endang Pratiwi, S.Pd., Bapak A.S. Pintar, M.Si. Drs., dan Bapak Aditya Nugraha, S.Pd., M.Si. yang bertujuan untuk mengetahui tanggapan dan penilaian guru fisika terhadap *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global sebelum digunakan dalam proses pembelajaran di kelas. Uji coba produk oleh guru fisika dilakukan secara luring pada tanggal 21 Mei 2024 yang diawali dengan pemaparan produk dan membagikan lembar instrumen penilaian yang terdiri dari 4

aspek penilaian yaitu aspek penyajian materi, aspek model pembelajaran, aspek tampilan, dan aspek manfaat. Berikut rincian penilaian pada setiap aspek uji coba penggunaan:

Tabel 4.12. Hasil Uji Coba Penggunaan Guru Fisika

Guru Fisika	Aspek Penilaian	Rata-Rata	Persentase	Interpretasi
Endang Pratiwi, S.Pd.	Penyajian Materi	5,00	100%	Sangat Baik
	Model Pembelajaran	5,00	100%	Sangat Baik
	Tampilan	5,00	100%	Sangat Baik
	Manfaat	5,00	100%	Sangat Baik
	Total	5,00	100%	Sangat Baik
A.S. Pintar, M.Si., Drs.	Penyajian Materi	4,75	95%	Sangat Baik
	Model Pembelajaran	4,5	90%	Sangat Baik
	Tampilan	4,84	96,8%	Sangat Baik
	Manfaat	4,75	95%	Sangat Baik
	Total	4,71	94,2%	Sangat Baik
Aditya Nugraha, S.Pd., M.Si.	Penyajian Materi	4,75	95%	Sangat Baik
	Model Pembelajaran	4,5	90%	Sangat Baik
	Tampilan	4,5	90%	Sangat Baik
	Manfaat	4,5	90%	Sangat Baik
	Total	4,56	91,2%	Sangat Baik
Rata-Rata Penilaian		95,13% (Sangat Baik)		

Berdasarkan hasil penilaian uji coba penggunaan yang telah dilakukan oleh guru fisika yang pertama, Ibu Endang Pratiwi, S.Pd. memperoleh hasil penilaian sebagai untuk seluruh aspek penilaian, yaitu aspek penyajian materi, aspek model pembelajaran, aspek tampilan, dan aspek manfaat sebesar 100%, sehingga rata-rata penilaian keseluruhan aspek oleh Ibu Endang Pratiwi, S.Pd. adalah sebesar 100% dengan skala interpretasi

“Sangat Baik”. Selanjutnya, untuk guru fisika yang kedua, Bapak A.S. Pintar, M.Si., Drs. memperoleh hasil untuk aspek penyajian materi sebesar 95%, aspek model pembelajaran sebesar 90%, aspek tampilan sebesar 96,8%, dan aspek manfaat sebesar 96%, sehingga rata-rata penilaian keseluruhan aspek oleh Bapak A.S. Pintar, M.Si., Drs. adalah sebesar 94,2% dengan skala interpretasi “Sangat Baik”.

Terakhir, untuk guru fisika ketiga, Bapak Aditya Nugraha, S.Pd., M.Si. memperoleh hasil untuk aspek penyajian materi sebesar 95% dan untuk ketiga aspek lainnya yaitu aspek model pembelajaran, aspek tampilan, dan aspek manfaat sebesar 90%, sehingga rata-rata penilaian keseluruhan aspek oleh Bapak Aditya Nugraha, S.Pd., M.Si. adalah sebesar 91,2% dengan skala interpretasi “Sangat Baik”. Terdapat saran dan masukan yang diberikan berupa menambahkan titik-titik pada daftar isi sehingga memudahkan pengguna dalam melihat nomor halaman serta memperingkas materi yang disajikan pada halaman 27. Selanjutnya, produk akan direvisi sesuai saran dan masukan dari guru fisika.

2. Hasil Uji Coba Penggunaan Peserta Didik

Uji coba penggunaan produk oleh peserta didik dilakukan dalam skala besar yaitu 45 responden kelas X SMA Labschool Jakarta untuk mengetahui tanggapan dan penilaian mereka terhadap *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global dalam proses pembelajaran di kelas. Uji coba produk oleh peserta didik dilakukan secara luring pada tanggal 21 Mei 2024 yangawali dengan pemaparan produk dan membagikan lembar instrumen penilaian yang terdiri dari 4 aspek penilaian yaitu aspek penyajian materi, aspek model pembelajaran, aspek tampilan, dan aspek manfaat yang dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

Tabel 4.13. Hasil Uji Coba Penggunaan Peserta Didik

No.	Aspek	Rata-Rata Per Aspek	Persentase	Interpretasi
1.	Penyajian Materi	4,77	95,40%	Sangat Baik

2.	Model Pembelajaran	4,69	93,80%	Sangat Baik
3.	Tampilan	4,63	92,60%	Sangat Baik
4.	Manfaat	4,59	91,80%	Sangat Baik
Hasil Akhir		4,67	93,40%	Sangat Baik

Berdasarkan rata-rata penilaian uji coba peserta didik yang telah dilakukan, pada aspek penyajian materi diperoleh persentase sebesar 95,40% dengan interpretasi “Sangat Baik”, untuk aspek model pembelajaran diperoleh persentase sebesar 93,80% dengan interpretasi “Sangat Baik”, untuk aspek tampilan diperoleh persentase sebesar 92,60% dengan interpretasi “Sangat Baik”, dan untuk aspek manfaat diperoleh persentase sebesar 91,80% dengan interpretasi ‘Sangat Baik” sehingga diperoleh hasil akhir dari keseluruhan aspek penilaian sebesar 93,40% dengan interpretasi “Sangat Baik”. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) pada materi pemanasan global “Sangat Baik” untuk digunakan pada pembelajaran fisika di sekolah.

Selain itu, peneliti juga melakukan wawancara kepada 5 peserta didik untuk mengetahui tanggapan mereka terhadap model pembelajaran Dilemma-STEAM dan penggunaan *Interactive Digital Modul Physics* pada materi pemanasan global. Secara keseluruhan, peserta didik merasakan dampak positif saat belajar menggunakan IDMP berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Adapun hasil wawancara tersebut adalah sebagai berikut:

a. IDMP berbasis Dilemma-STEAM dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

Interactive Digital Modul merupakan bahan ajar interaktif berbasis teknologi yang dirancang secara terstruktur berdasarkan kurikulum tertentu dan dikemas dalam bentuk satuan pembelajaran terkecil dan memungkinkan dipelajari secara mandiri dalam satuan waktu tertentu agar siswa menguasai capaian pembelajaran yang diajarkan (Tulak H. et.al., 2023). Bahan ajar ini memfasilitasi peserta

didik untuk belajar secara mandiri sehingga bahasa yang digunakan seperti bahasa pendidik/guru saat menyampaikan materi disekolah.

“Bahasa yang digunakan dalam Interactive Digital Modul Physics (IDMP) sudah menggunakan bahasa pendidik/guru sehingga penjelasan materi yang disajikan dapat dipahami dengan mudah dan tidak bermakna ganda sehingga bahan ajar ini dapat digunakan sebagai sumber belajar mandiri dalam mengkaji konsep materi yang belum dipahami di sekolah.” (Wawancara PD-05, 21 Mei 2024)

Interactive Digital Modul merupakan satuan pembelajaran terkecil yang membahas 1 topik materi secara mendetail, sehingga dalam penyusunannya, IDMP ini membahas topik pemanasan global yang terbagi menjadi 3 kegiatan pembelajaran. Setiap kegiatan pembelajaran mengkaji sub materi pemanasan global secara mendalam yang disusun secara sederhana dan dapat dipelajari berdasarkan kecepatan belajar peserta didik sehingga peserta didik dapat mengatur kegiatan pembelajarannya secara mandiri sampai memahami materi yang disajikan. Latihan soal yang diberikan dapat mengukur kemampuan peserta didik sebelum lanjut mempelajari materi berikutnya. Dengan adanya bahan ajar ini, peserta didik dapat mengulas materi yang belum dipahami secara cepat dan mudah.

“Pembelajaran menggunakan Interactive Digital Modul Physics (IDMP) yang terbagi kedalam 3 kegiatan pembelajaran dilengkapi soal evaluasi pada setiap akhir kegiatan pembelajaran. Dengan bahan ajar tersebut, pembelajaran menjadi lebih fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kecepatan belajar yang dimiliki, soal evaluasi yang disajikan dapat mengukur kemampuan peserta didik sebelum lanjut belajar materi berikutnya..” (Wawancara PD-05, 21 Mei 2024)

Materi yang disajikan dalam setiap kegiatan pembelajaran pada *Interactive Digital Modul Physics* dilengkapi dengan gambar/ilustrasi dan video sehingga memudahkan peserta didik dalam memahami konsep materi yang disajikan. Peserta didik tertarik untuk mendengarkan video pembelajaran yang disajikan untuk memperjelas penyampaian materi yang disampaikan melalui teks. Komponen pendukung tersebut dapat menyebabkan peserta didik lebih mudah dalam memahami konsep materi.

“Video dan ilustrasi yang terdapat dalam Interactive Digital Modul Physics (IDMP) sangat membantu dalam memperjelas konsep materi yang sedang dijelaskan. Materi yang disajikan diawali dengan pemaparan teks, kemudian dilanjutkan dengan gambar/ilustrasi yang menggambarkan kondisi yang sedang dijelaskan, serta terdapat video yang memberikan visualisasi nyata terkait konsep materi yang sedang dibahas. Hal tersebut menyebabkan konsep materi lebih mudah dipahami dan tersampaikan dengan jelas.” (Wawancara PD-04, 21 Mei 2024)

Pemilihan komponen pendukung yang disajikan pada *Interactive Digital Modul Physics* sudah sesuai dengan materi yang disampaikan sehingga dapat memvisualisasikan materi yang sulit dipahami dan dapat menciptakan kemandirian belajar.

“Pemilihan gambar dan video yang disajikan sudah sesuai dengan topik materi yang dibahas sehingga mendukung pemahaman peserta didik terhadap materi yang sedang dipelajari”

(Wawancara PD-01, 21 Mei 2024)

Interactive Digital Modul mendapat respon yang sangat positif dari peserta didik, penggunaannya menjadikan peserta didik menjadi lebih aktif dan tentunya hal itu akan berdampak pada minat dan penguasaan konsep materi oleh peserta didik (Sulisetijono et al., 2023). IDMP berbasis Dilemma-STEAM yang dikembangkan menyajikan beragam fitur interaktif yang berkaitan dengan materi pembelajaran sehingga peserta didik dapat terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran. Selain itu, fitur interaktif yang disajikan dapat memberikan wawasan baru sehingga meningkatkan penguasaan konsep peserta didik.

“Pembelajaran menggunakan Interactive Digital Modul Physics (IDMP) berbasis Dilemma-STEAM dilengkapi dengan fitur interaktif mampu memberikan pemahaman terkait konsep materi yang sangat berkaitan dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Pada kegiatan pembelajaran 2, terdapat fitur interaktif berupa “Cek Emisi Karbon”, melalui fitur tersebut menambah wawasan terkait jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan setiap negara. Hal tersebut mendukung pemahaman terkait konsep penyebab terjadinya efek rumah kaca dan menyadari pentingnya menemukan solusi penyelesaiannya secara cepat.”

(Wawancara PD-02, 21 Mei 2024)

Pembelajaran menggunakan model pembelajaran Dilemma-STEAM diawali dengan menyajikan cerita dilema yang berkaitan

dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari sehingga pembelajaran bersifat kontekstual dan menjadikan peserta didik lebih memahami materi pemanasan global dan mengetahui tujuan belajar karena terdapat manfaat praktis dalam kehidupan sehari-hari.

“Pembelajaran dengan model Dilemma-STEAM memungkinkan anggota kelompok bertukar pendapat dan menyampaikan gagasan untuk menentukan solusi terhadap masalah yang disajikan. Pembelajaran yang melibatkan siswa secara aktif menyebabkan siswa dapat berpikir lebih luas tentang konsep yang sedang dikaji dan mengetahui kaitan konsep materi yang dibahas terhadap permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, diskusi kelompok yang dilakukan dapat memperkaya pemahaman dan sudut pandang terhadap suatu masalah.”

(Wawancara PD-01, 21 Mei 2024)

Pada kegiatan pembelajaran 3, peserta didik memperoleh pemahaman baru tentang pemanfaatan sumber daya angin yang merupakan salah satu solusi untuk mengatasi fenomena pemanasan global yang terjadi dalam kehidupan nyata. Penekanan pada pembelajaran berbasis kontekstual dengan menerapkan cerita dilema dapat merangsang peserta didik untuk merefleksikan nilai-nilai isi, sehingga pembelajaran akan lebih bermakna. Peserta didik terlihat dapat merasakan manfaat dalam merancang proyek STEAM yaitu memberikan pemahaman fisika yang sedang dipelajari dengan mengintegrasikan teknologi, teknik, matematika. Pembelajaran menjadi lebih menarik karena seni dipadukan di dalamnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa cerita dilema dan proyek STEAM mendorong keterlibatan peserta didik dengan memberikan pengalaman belajar yang kaya bagi siswa berupa kolaborasi antar peserta didik dalam merancang proyek STEAM sebagai solusi penyelesaian cerita dilema.

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa peserta didik dapat memahami konsep materi pemanasan global dengan mudah karena pembelajaran dilakukan secara mandiri berdasarkan kecepatan belajar masing-masing sehingga proses pembelajaran dapat dilakukan lebih fleksibel tanpa bergantung dengan penyampaian guru di sekolah. Selain itu, pembelajaran terbagi menjadi 3 kegiatan pembelajaran sehingga membahas topik materi

secara mendalam yang dilengkapi gambar/ilustrasi dan video yang mendukung peserta didik dalam memahami konsep materi. Pembelajaran berbasis Dilemma-STEAM mengajak peserta didik untuk aktif dalam menyelesaikan permasalahan kehidupan yang berkaitan dengan konsep materi, sehingga mereka mudah memahami konsep materi lebih mudah karena diberikan contoh nyata yang berkaitan dengan materi dan sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari.

b. IDMP berbasis Dilemma-STEAM dapat meningkatkan motivasi peserta didik.

Interactive Digital Modul dapat digunakan peserta didik untuk belajar mandiri, meningkatkan rasa ingin tahu, meningkatkan motivasi belajar peserta didik dan dapat mengembangkan kemampuan siswa dalam berinteraksi langsung dengan lingkungan belajarnya (Dini et al., 2023). Ketertarikan peserta didik disebabkan karena bahan ajar yang dikembangkan tidak hanya menyampaikan materi dalam bentuk teks tetapi juga dilengkapi dengan berbagai fitur interaktif yang menjadikan proses pembelajaran lebih menyenangkan. Bahan ajar ini dikemas menggunakan teknologi sehingga peserta didik belajar tidak seperti membaca buku teks melainkan pengguna dapat berinteraksi dengan berbagai fitur yang disediakan sehingga tidak membosankan. Selain itu, peserta didik dapat mengakses bahan ajar ini secara mudah melalui perangkat elektronik yang terhubung dengan internet.

“Belajar menggunakan Interactive Digital Modul Physics (IDMP) menjadi lebih menyenangkan karena tidak seperti membaca buku yang hanya berisi teks, tetapi dapat berinteraksi terhadap fitur yang tersedia dan berpindah halaman sesuai keinginan secara mudah. Hal tersebut membuat pembelajaran tidak membosankan karena terdapat interaksi dua arah, sehingga peserta didik memiliki ketertarikan untuk mempelajari konsep materi yang disajikan dalam IDMP tersebut.”(Wawancara PD-02, 21 Mei 2024)

Keragaman animasi, audio, video, gambar, serta elemen yang menarik dapat memfasilitasi peserta didik dalam memahami materi pelajaran yang abstrak sehingga membuat peserta didik termotivasi belajar karena tampilannya menarik (Hapsari & Zulherman, 2021).

Interactive Digital Modul Physics (IDMP) menyajikan beragam ilustrasi/gambar dan video pada setiap halaman yang dapat membantu peserta didik untuk memaami konsep materi yang disajikan. Selain itu, tata letak/layout tampilan berbeda pada setiap halaman sehingga peserta didik memiliki ketertarikan untuk terus mempelajari bahan ajar ini. Bahan ajar ini juga sudah dilengkapi dengan video pembelajaran dan latihan soal dalam satu kesatuan sehingga peserta didik tidak membutuhkan bahan ajar lain dalam proses pembelajaran.

“Materi pembelajaran yang disajikan dilengkapi dengan keragaman animasi, ilustrasi, dan video pembelajaran sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami. Selain itu, proses pembelajaran dalam Interactive Digital Modul Physics (IDMP) sudah menjadi satu kesatuan yang lengkap sehingga dapat belajar dengan mudah dan menyenangkan tanpa menggunakan bahan ajar lainnya..” (Wawancara PD-03, 21 Mei 2024)

Komponen pendukung yang tersedia pada *Interactive Digital Modul Physics (IDMP)* memfasilitasi gaya belajar peserta didik yang berbeda sehingga dapat dijadikan bahan ajar mandiri bagi peserta didik. Peserta didik tertarik belajar menggunakan IDMP karena dapat memilih berbagai komponen pendukung yang tersedia untuk membantunya dalam memahami materi yang disajikan.

“Interactive Digital Modul Physics membuat kegiatan pembelajaran lebih menarik dan menyenangkan karena pembelajaran dikemas tidak hanya dalam bentuk teks tetapi juga dilengkapi gambar dan video sehingga memfasilitasi gaya belajar siswa yang berbeda. Dengan adanya IDMP, peserta didik memperoleh bahan ajar tambahan yang dapat digunakan secara mandiri kapan saja dan dimana saja.” (Wawancara PD-04, 21 Mei 2024)

Penelitian Rahmawati (2020) menunjukkan bahwa pembelajaran dengan cerita dilema berhasil membuat siswa lebih tertarik dan termotivasi dalam pembelajaran kimia karena dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari. Dalam hal ini, IDMP dikemas menggunakan model pembelajaran Dilemma-STEAM yang diawali dengan penyajian fakta-fakta permasalahan pemanasan global yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Selanjutnya, fakta-fakta tersebut dikemas dalam suatu cerita yang dilematis sehingga mengajak peserta didik untuk

berpikir kritis dalam menentukan solusi penyelesaiannya. Dalam hal ini, cerita dilema yang disajikan merupakan contoh nyata terkait urgensi dari mempelajari konsep materi yang akan dipelajari sehingga peserta didik tertarik untuk mempelajarinya agar dapat memberikan solusi penyelesaian dari permasalahan yang disajikan.

“Cerita dilema yang disajikan mampu memberikan gambaran terkait materi yang akan dipelajari dalam kehidupan sehari-hari sehingga memberikan contoh nyata terkait urgensi dari konsep materi yang akan dipelajari sehingga dapat menarik minat peserta didik untuk mempelajari dengan seksama terkait topik materi serta dengan mengaitkan teori terhadap contoh nyata dapat membuat konsep materi menjadi lebih mudah dipahami dan diingat.” (Wawancara PD-01, 21 Mei 2024)

Selain itu, proyek STEAM yang dirancang secara kolaboratif dapat meningkatkan motivasi dan minat belajar para siswa. Hal ini dikarenakan seluruh aktivitas pembelajaran berpusat pada siswa. Pendekatan ini tidak hanya mengajarkan teori saja, melainkan juga siswa melakukan praktik. Bahan ajar ini menyediakan tugas proyek berbasis STEAM yang mengajak peserta didik untuk mempelajari materi pemanasan global dari berbagai disiplin ilmu tidak hanya secara pengetahuan sains semata. Pembelajaran ini menjadikan peserta didik termotivasi karena sains dikombinasikan arts dapat menjadi lebih seru dan penghilang penat mereka dalam belajar sains dengan menyisipkan kreativitas dalam merancang proyek STEAM.

“Pembelajaran fisika biasanya terkesan kaku dan formal, tetapi dengan adanya proyek STEAM sebagai solusi penyelesaian permasalahan cerita dilema mampu memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berkreasi dan menggabungkan unsur seni, sehingga membuat pelajaran lebih seru dan menarik serta dapat terlibat aktif dalam menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari.”

(Wawancara PD-05, 21 Mei 2024)

Model pembelajaran Dilemma-STEAM menyajikan berbagai permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan topik materi. Dalam hal ini, peserta didik dapat tertarik untuk mempelajari materi karena sudah mengetahui pentingnya mempelajari materi tersebut untuk mengatasi permasalahan kehidupan sehari-hari.

“Model pembelajaran Dilemma-STEAM menyajikan contoh permasalahan dalam kehidupan sehari-hari sehingga membantu peserta didik dalam mengetahui

hubungan antara materi yang dipelajari dengan kehidupan sehari-hari. IDMP ini telah menunjukkan bagaimana konsep pemanasan global merupakan permasalahan dalam situasi nyata. Hal ini membuat saya lebih mengerti materi dan tertarik belajar karena saya merasa bahwa apa yang saya pelajari memiliki manfaat praktis dan contoh nyata dalam kehidupan sehari-hari.” (Wawancara PD-04, 21 Mei 2024)

Berdasarkan hasil wawancara, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran menggunakan *Interactive Digital Modul Physics (IDMP)* berbasis Dilemma-STEAM dapat meningkatkan motivasi siswa dalam belajar karena pembelajaran dikemas dengan mengkombinasikan gambar/ilustrasi dan video dalam penyusunan materi serta cerita dilema yang disajikan mampu membuat peserta didik tertarik untuk belajar karena mengetahui urgensi dari materi yang akan dipelajari. Selain itu, pembelajaran berbasis proyek STEAM dapat menjadikan pembelajaran fisika lebih menyenangkan karena menggabungkan unsur seni yang memberikan kesempatan mereka untuk aktif dalam merancang proyek STEAM sebagai solusi penyelesaian masalah dilemma.

c. IDMP berbasis Dilemma-STEAM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Kurikulum abad ke-21 harus melibatkan pendekatan pembelajaran yang membantu siswa mengembangkan keterampilan yang dibutuhkan untuk bersaing di abad ke-21. Pembelajaran Dilemma-STEAM dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui cerita dilematis yang menuntut mereka untuk menyelesaikan permasalahan melalui proyek STEAM yang dirancang dengan kreatif secara kolaborasi (Rahmawati et al., 2019). Penelitian (Erinna, T et.al., 2022) dengan subjek penelitian yaitu siswa kelas VI salah satu SD di Bekasi memperoleh hasil bahwa integrasi dilemma-STEAM dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui dilemma stories dan proyek yang diberikan. Melalui cerita dilema, peserta didik merasa diajak untuk seolah-olah berada pada situasi dilematis yang mengharuskan mereka untuk berpikir kritis mencari solusi terhadap masalah yang disajikan.

“Cerita dilema mampu membuat peserta didik terbawa dalam situasi tersebut sehingga mengharuskan untuk berpikir secara rasional terhadap dua kemungkinan yang disajikan dengan melihat kelebihan dan kekurangan dari setiap kemungkinan tersebut. Selain itu, cerita dilemma memberikan kesempatan bagi saya untuk berlatih dalam menyusun argumen dan mempertahankan posisi terhadap kemungkinan yang telah dipilih. Dalam proses mencari solusi, peserta didik harus mampu menjelaskan pilihannya kepada orang lain serta bersifat terbuka terhadap pendapat yang berbeda.” (Wawancara PD-03, 21 Mei 2024)

Permasalahan kontekstual yang diangkat dalam cerita dilema etika mendorong siswa untuk menggunakan pemikiran kritis dalam mengidentifikasi permasalahan dan mengikuti proses inkuiri untuk membuat analisis konseptual terhadap permasalahan yang terlibat. Proses penyelesaian cerita dilema yang disajikan adalah dengan merancang proyek STEAM yang dapat dijadikan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Penelitian yang dilakukan (Lestari, 2021) membuktikan bahwa penerapan pendekatan STEAM dalam pembelajaran dapat mengembangkan keterampilan abad 21 yaitu berpikir kritis dan pemecahan masalah. Dengan merancang proyek STEAM yang telah ditentukan, peserta didik diminta untuk dapat mengaitkan kegunaan proyek STEAM dalam menyelesaikan permasalahan cerita dilema.

“Dalam merancang proyek STEAM, kami harus mampu mengaitkannya dengan permasalahan yang disajikan pada cerita dilema. Proyek yang dihasilkan harus sesuai dengan konsep fisika yang sedang dipelajari dan merupakan solusi penyelesaian cerita dilema. Hal tersebut menuntut kami untuk berpikir secara mendalam mengenai prinsip fisika apa yang digunakan pada proyek yang akan kami rancang. Kami harus berdiskusi dan mencari berbagai sumber bacaan yang membahas cara kerja proyek STEAM yang akan kita buat.”

(Wawancara PD-04, 21 Mei 2024)

Selain itu, model pembelajaran Dilemma-STEAM dapat merangsang partisipasi aktif siswa dengan memberikan cerita yang relevan dengan keseharian mereka dalam situasi dilematis yang dianggap sebagai situasi yang tidak menyenangkan bagi siswa.

“Model pembelajaran Dilemma-STEAM megemas pembelajaran berpusat kepada peserta didik sehingga tidak hanya mendengar penjelasan dari guru saja tetapi dapat bertukar ide dan gagasan antar sesama. Hal tersebut membuat pembelajaran

menjadi lebih bermakna karena peserta didik dilibatkan dalam menyelesaikan permasalahan pada cerita dilemma maupun dalam merancang proyek STEAM yang mampu menjadi solusi terhadap masalah yang disajikan.”

(Wawancara PD-05, 21 Mei 2024)

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, peserta didik mampu mengidentifikasi masalah dan menjelaskan dampak masalah dengan mendiskusikan konsep materi yang relevan. Cerita dilemma yang disajikan mampu membuat peserta didik berpikir kritis dalam menentukan solusi penyelesaian yang akan digunakan untuk mengatasi permasalahan pada cerita dilema. Proyek STEAM yang dirancang harus mampu menjawab permasalahan cerita dilema yang disajikan serta berkaitan dengan konsep materi yang sedang dipelajari. Selain itu, proses pembelajaran menggunakan model pembelajaran Dilemma-STEAM menjadikan pembelajaran berpusat kepada peserta didik. Model pembelajaran Dilemma-STEAM dapat membentuk pemahaman konsep dan penerapannya dalam situasi nyata dalam kehidupan sehari-hari. Integrasi cerita dilema ke dalam proyek STEAM dapat mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik dengan melakukan penyelidikan ilmiah, menggeneralisasi temuan, dan menggunakan pengetahuan untuk menjelaskan fenomena di bidang lain, seperti 'bumi'. sains' dan 'ilmu biologi' (Rahmawati et.al., 2022)

d. IDMP berbasis Dilemma-STEAM dapat meningkatkan kemampuan kolaboratif peserta didik.

Pembelajaran dengan pendekatan STEAM merupakan pembelajaran yang mengajak siswa untuk memahami fenomena-fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Bahan ajar ini menggunakan pendekatan STEAM sehingga mendorong peserta didik untuk belajar mengeksplorasi semua kemampuan yang dimilikinya dalam memunculkan karya yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari dengan kerja sama dan komunikasi secara berkelompok. Pengelompokkan siswa dalam STEAM menuntut tanggung jawab secara personal atau interpersonal terhadap pembelajaran yang terjadi. Penelitian (Mu'minah, 2021) menyatakan bahwa proses pembelajaran

terintegrasi STEAM akan membangun pemahaman siswa terhadap materi yang sedang dipelajari secara kolaboratif.

“Proyek STEAM yang dikerjakan secara kolaboratif dapat mengembangkan keterampilan komunikasi dan kerjasama. Dalam proyek kolaboratif, kami harus mendiskusikan ide, mendengarkan pendapat orang lain, dan saling membantu dalam menyelesaikan proyek STEAM.” (Wawancara PD-04, 21 Mei 2024)

Pembelajaran STEAM adalah pedagogi berpusat pada siswa sehingga proses pembelajaran melibatkan siswa secara kolaborasi dalam memperoleh pengetahuannya melalui eksplorasi aktif dari tantangan dunia nyata dan masalah. Setiap tahap pembelajaran akan mendorong siswa untuk aktif dan berpikir tentang menyelesaikan proyek yang diberikan, mulai dengan mengembangkan rencana proyek, menyiapkan jadwal, monitoring kemajuan proyek sampai dengan evaluasi hasil proyek yang telah dilakukan. Dalam merancang proyek STEAM membutuhkan kerja sama, komunikasi antar rekan, keterampilan pemecahan masalah agar dapat terselesaikan dan proyek STEAM yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik.

“Pembelajaran secara berkelompok harus mampu terjalin komunikasi yang baik antar anggota dalam menentukan pembagian tugas, pembuatan proyek, dan penyelesaian LKPD yang diberikan. Agar setiap tugas dapat selesai dengan baik sesuai dengan waktunya, tiap anggota harus saling bertanggung jawab dan berkabar mengenai jobdesc nya, meskipun sudah mempunyai tugas masing-masing tetap harus membantu satu sama lain agar tugas dapat selesai dengan cepat.”

(Wawancara PD-01, 21 Mei 2024)

Model pembelajaran Dilemma-STEAM dapat memberikan pengalaman baru bagi peserta didik karena peserta didik dilibatkan secara aktif dalam menemukan solusi penyelesaian terhadap permasalahan dalam kehidupan sehari-hari.

“Menurut saya, model pembelajaran Dilemma-STEAM memberikan pengalaman belajar yang baru bagi saya selama belajar fisika karena pembelajaran menantang saya untuk berpikir kritis dalam menyelesaikan permasalahan yang ada pada cerita dilema yang telah disajikan. Dan hal yang paling saya sukai dalam pembelajaran ini adalah berkolaborasi dalam merancang PLTB sederhana dan kelompok saya berhasil membuat alat tersebut.” (Wawancara PD-03, 21 Mei 2024)

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proyek STEAM yang disajikan dapat meningkatkan kemampuan kolaborasi antar peserta didik. Dalam menyelesaikan tugas kolaborasi harus terjalin komunikasi yang baik antar anggota serta bertanggung jawab terhadap pembagian tugas yang diberikan. Mereka belajar untuk saling mendengarkan dan menghargai pendapat satu sama lain, yang memperkuat kerjasama tim. Proyek STEAM juga membantu peserta didik dalam mengembangkan keterampilan manajemen waktu, sehingga mereka dapat menyelesaikan tugas tepat waktu. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rahmawati et.al (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek menekankan pembelajaran yang berpusat pada siswa dan kolaborasi. Dalam proses pembelajaran mendorong kemandirian dan melibatkan peserta didik secara langsung untuk meningkatkan motivasi belajar.

D. Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan sebuah bahan ajar berupa *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Produk IDMP yang telah dikembangkan dapat diakses melalui tautan <https://heyzine.com/flip-book/2d61173188.html>. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan serta mengetahui kelayakan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi Pemanasan Global sebagai bahan ajar peserta didik kelas X SMA yang dapat digunakan secara mandiri maupun dengan bantuan pendidik. *Interactive Digital Modul Physics* berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM ini dapat dijadikan sebagai sumber belajar mandiri bagi peserta didik yang dilengkapi dengan berbagai komponen pendukung yang dapat memperjelas konsep pemanasan global yang dihasilkan dalam bentuk *link html* sehingga mudah diakses kapan saja dan dimana saja menggunakan jaringan internet. Penyajian materi pada *Interactive Digital Modul Physics* disesuaikan dengan Buku IPA Kelas X SMA dan capaian pembelajaran Fase E Kurikulum Merdeka khususnya pada materi pemanasan global.

1. Tahapan Model ADDIE

Proses pengembangan *Interactive Digital Modul Physics* menggunakan metode *Research and Development* (RnD) dengan mengikuti tahapan model ADDIE, hal tersebut bertujuan agar dalam proses pengembangan bahan ajar dapat efektif dan efisien sesuai dengan capaian pembelajaran yang diharapkan. Model ADDIE memiliki langkah-langkah yang jelas dan sistematis untuk pengembangan media secara instruksional. Produk akhir dari satu fase adalah produk awal dari fase berikutnya (Angko, 2017). Model penelitian dan pengembangan ADDIE berfokus pada evaluasi di setiap prosesnya yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu: *Analyze* (Analisis), *Design* (Perancangan), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Pada tahap *Analyze* dilakukan beberapa kegiatan untuk mengidentifikasi masalah, lalu pada *Design* dilakukan pembuatan rancangan, dan pada tahap *Development* dilakukan pengembangan produk, kemudian produk yang sudah dikembangkan dilakukan uji coba penggunaan pada tahap implementasi. Tahap evaluasi dilakukan pada setiap tahapan ADDIE.

a. Tahap *Analyze*

Pada tahap *Analyze*, dilakukan analisis kebutuhan terkait *Interactive Digital Modul Physics* dengan menyebarkan kuisioner kepada 34 peserta didik di salah satu SMA di Jakarta. Hasil analisis tersebut yaitu peserta didik masih kesulitan dalam mempelajari materi pemanasan global sehingga membutuhkan bahan ajar mandiri yang menarik dan interaktif dalam proses pembelajaran fisika terutama pada materi pemanasan global. Kendala yang dialami peserta didik dalam belajar pemanasan global dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

Tabel 4.14. Kendala Peserta Didik dalam Belajar Pemanasan Global

Kriteria	Presentase
Materi fisika terlalu banyak sehingga tidak dapat dijelaskan semua oleh guru fisika.	42,5%
Pembelajaran pemanasan global masih dilakukan dengan metode ceramah.	62,5%

Media pembelajaran yang digunakan oleh guru kurang variatif.	52,5%
Peserta didik kurang konsentrasi saat pembelajaran dikelas.	25%

Berdasarkan kendala tersebut, peserta didik sebanyak 95% berpendapat membutuhkan modul digital yang bersifat interaktif serta dikaitkan dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Kebutuhan peserta didik terhadap bahan ajar berupa *Interactive Digital Modul Physics* dibuktikan dengan analisis kebutuhan bahwa sebesar 97% menginginkan bahan ajar yang dapat berinteraksi dengan penggunanya dalam proses pembelajaran, serta 92% menyukai desain bahan ajar yang menggunakan perpaduan warna yang konsisten. Selain itu, 61,8% peserta didik berpendapat membutuhkan *Interactive Digital Modul Physics* yang mengaitkan konsep materi dalam kehidupan sehari-hari. Komponen pendukung yang mereka butuhkan untuk meningkatkan pemahaman terhadap materi yang sedang dipelajari adalah 100% berupa gambar, ilustrasi, dan video yang menarik, 97% membutuhkan *Game/Quiz* interaktif yang dapat mengukur tingkat pemahaman secara individu. Hasil analisis kebutuhan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa peserta didik membutuhkan bahan ajar mandiri berupa *Interactive Digital Modul* yang menjadikan pembelajaran lebih menarik dan interaktif karena disusun dengan mengombinasikan berbagai komponen seperti gambar dan video sehingga dapat mempermudah siswa dalam melangsungkan kegiatan pembelajaran di kelas maupun secara mandiri (Nasution et al., 2019).

Interactive Digital Modul Physics membahas topik materi secara mendetail sehingga dalam penyusunannya perlu dibagi menjadi beberapa kegiatan pembelajaran, peserta didik sebanyak 68% menginginkan materi pemanasan global terbagi kedalam 3 kegiatan pembelajaran (penyebab pemanasan global, efek rumah kaca, dampak & solusi mengatasi pemanasan global). Setiap kegiatan pembelajaran, peserta didik sebanyak 92% menginginkan dikemas menggunakan model pembelajaran Dilemma-STEAM. Model pembelajaran Dilemma-

STEAM menyajikan pembelajaran bersifat kontekstual karena dikaitkan dengan permasalahan kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan topik materi. Hasil analisis kebutuhan tersebut diperkuat dengan penelitian yang menyebutkan bahwa *Interactive Digital Modul Physics* yang dirancang secara menarik dan membahas topik materi secara detail serta bersifat kontekstual akan meningkatkan motivasi, keterampilan siswa dalam belajar secara mandiri, serta dapat memberikan kemudahan kepada siswa dalam mempelajari kompetensi yang harus dikuasainya (Trinaldi et al., 2022).

Selain memperhatikan penyajian materi dalam *Interactive Digital Modul Physics*, peneliti harus menyediakan latihan soal pada bahan ajar yang akan dikembangkan. Peserta didik sebanyak 92% berpendapat membutuhkan evaluasi pembelajaran pada setiap akhir kegiatan pembelajaran yang dilengkapi dengan pembahasan dan kunci jawaban. Dalam pengembangan bahan ajar mandiri, guru harus menyediakan soal-soal yang dapat mengukur kemampuan siswa dalam mempelajari materi. Bahan ajar mandiri dirancang dengan memperhatikan karakteristik *stand alone* sehingga soal-soal yang diberikan dapat ditemukan jawabannya pada bahan ajar tersebut (Bukhori et al., 2024).

Permasalahan pemanasan global mengharuskan guru untuk mengintegrasikan pembelajaran yang relevan dengan keadaan saat ini dan mengajak peserta didik untuk mencari solusi dalam permasalahan tersebut. Berdasarkan pengalaman peserta didik dalam mempelajari pemanasan global sebanyak 55% belum mengetahui solusi untuk mengurangi dampak dari pemanasan global. Hal tersebut disebabkan karena dalam pembelajaran guru belum mengaitkan konsep materi dengan kehidupan sehari-hari. Model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global dapat di implementasikan dalam pembelajaran agar mendukung pemahaman siswa terkait konsep pemanasan global serta siswa dapat terlibat aktif dalam mencari solusi untuk mengatasi pemanasan global (Wu et al., 2022).

Data lain yang didapatkan pada tahap evaluasi adalah wawancara kepada guru fisika terkait kebutuhan bahan ajar berupa *Interactive Digital Modul Physics* dalam pembelajaran pemanasan global. Selama pembelajaran guru hanya meminta siswa untuk membaca buku paket serta menugaskan mereka secara berkelompok untuk melakukan presentasi yang berkaitan dengan topik materi pada buku paket IPA kelas X SMA. Peserta didik belum dilibatkan secara aktif dalam merancang proyek sederhana yang dapat menjadi solusi sederhana untuk mengatasi pemanasan global. Berdasarkan hasil wawancara tersebut, peneliti menyimpulkan bahwa perlu adanya bahan ajar mandiri yang dapat membantu peserta didik dalam mempelajari materi pemanasan global. Selain itu, bahan ajar yang dikembangkan yang melibatkan peserta didik untuk terlibat aktif dalam merancang solusi penyelesaian permasalahan pemanasan global yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Langkah evaluasi pada tahap ini adalah menentukan komponen yang harus ditambahkan dan dikurangi berdasarkan hasil analisis kebutuhan dengan prinsip pedagogis pembelajaran. Hasil evaluasi yang telah dilakukan adalah dengan menambahkan soal evaluasi dan rangkuman pada setiap kegiatan pembelajaran.

b. Tahap Design

Interactive Digital Modul Physics di *design* menggunakan aplikasi canva, lalu disimpan dengan format PDF terlebih dahulu. Setelah disimpan dengan format PDF, *file* tersebut diunggah ke aplikasi Heyzine Flipbook sehingga modul akan diubah menjadi berbentuk *flipbook*. Pada aplikasi Heyzine Flipbook akan dimasukkan fitur interaktif yang mendukung materi, seperti di berikan tombol navigasi. Canva dipilih karena mudah digunakan, memiliki tampilan yang menarik, dan menawarkan akses yang mudah. Aplikasi Canva dapat diamati dari segi kepraktisannya sehingga dapat membantu merancang materi pembelajaran mendesain perangkat pembelajaran secara mudah (Muliani, 2021). Sedangkan Heyzine Flipbooks sebagai aplikasi pendukung yang mampu memberikan unsur interaktif dan navigasi yang

memudahkan pengguna untuk berinteraksi dengan materi pembelajaran. *Interactive Digital Modul Physics* mudah diakses dengan menyesuaikan perangkat yang digunakan oleh penggunanya, dengan catatan perangkat yang digunakan harus tersambung dengan koneksi internet. Keada aplikasi tersebut dipilih peneliti karena sederhana dan lebih mudah digunakan serta dipahami oleh peneliti.

Selain itu, pada tahap ini, dilakukan pembuatan *storyboard* dari produk yang akan dikembangkan. *Interactive Digital Modul Physics* dikembangkan mengikuti sistematika kriteria bahan ajar, yaitu cover, kata pengantar, daftar isi atau menu utama, petunjuk penggunaan, pendahuluan pembelajaran berupa deskripsi singkat materi, tujuan pembelajaran, capaian pembelajaran dan peta konsep, lalu kegiatan pembelajaran yang terbagi menjadi 3 bagian yang berisi aktivitas-aktivitas peserta didik berdasarkan sintaks model pembelajaran Dilemma-STEAM, latihan soal, rangkuman, evaluasi akhir, glosarium, dan daftar pustaka.

Setiap kegiatan pembelajaran disajikan dengan menggunakan model pembelajaran Dilemma-STEAM yang diawali dengan menentukan analisis studi kasus pada tahap refleksi dan penyusunan cerita dilema yang menarik dan membuat empati peserta didik pada tahap eksplorasi. Pemilihan studi kasus dan cerita dilema tersebut berkaitan dengan tahap elaborasi yang terdiri dari 3 topik materi pemanasan global yaitu, KP 1 membahas definisi pemanasan *global* & fakta-fakta perubahan lingkungan, KP 2 membahas peningkatan kadar CO_2 atmosfer & efek rumah kaca, dan KP 3 membahas aktivitas manusia yang menyebabkan pemanasan global & solusi untuk mengatasinya. Selanjutnya, penyelesaian terhadap permasalahan pada cerita dilema disajikan dalam bentuk proyek integrasi STEAM yang dilakukan secara kolaborasi, serta tahap evaluasinya melibatkan presentasi produk hasil proyek. *Interactive Digital Modul Physics* ini disusun lengkap dengan lembar kerja peserta didik yang dijadikan acuan bagi peserta didik dalam merancang proyek STEAM. Selanjutnya, tahap transformasi menyajikan

evaluasi ditiap akhir kegiatan pembelajaran serta disajikan lembar penilaian diri peserta didik setelah meakukan pembelajaran.

Dengan demikian, *Interactive Digital Modul Physics* mengemas materi pemanasan global dengan memberikan pengalaman yang interaktif dan berkesan bagi peserta didik serta meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif karena pembelajaran dikemas berdasarkan model pembelajaran Dilemma-STEAM. Langkah evaluasi dalam tahap desain ini adalah mengkaji setiap tahapan Dilemma-STEAM agar saling berkesinambungan antar tahapannya. Langkah evaluasi pada tahap ini adalah cerita dilema yang digunakan belum mampu mengajak peserta didik untuk berpikir kritis tentang keterkaitan permasalahan kehidupan sehari-hari dengan konsep materi. Hasil evaluasi yang telah dilakukan adalah dengan berdiskusi kepada dosen pembimbing tentang pemilihan cerita dilema yang dapat menimbulkan empati peserta didik terhadap permasalahan kehidupan sehari-hari dan berkaitan dengan konsep materi.

c. Tahap *Development*

Produk yang telah dirancang selanjutnya dikembangkan menjadi *Interactive Digital Modul Pysics* berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Tahap *Development* meliputi pengaturan video dan ilustrasi modul, fitur interaktif modul, dan pembuatan tombol-tombol navigasi yang mempermudah pengguna untuk berpindah dari satu halaman ke halaman lainnya. Modul Digital dikatakan bahan ajar interaktif, ketika adanya interaksi terus menerus antara peserta didik dengan modul digital itu sendiri, peserta didik dapat mengoperasikan secara bebas media yang tersedia seperti memutar video, memilih slide/page yang dikehendaki, dan mendapat feedback serta penguatan dari modul digital (Hasan et.al., 2021). Pengembangan *Interactive Digital Modul Physics* memperhatikan kriteria bahan ajar interaktif dengan menyajikan materi pembelajaran yang didukung oleh gambar dan video serta terdapat fitur interaktif yang dapat diakses oleh peserta didik untuk meningkatkan pemahamannya terhadap materi

pemanasan global. Setiap halaman diberikan tombol navigasi yang dapat memudahkan peserta didik untuk berpindah halaman.

Modul yang telah dikembangkan disajikan dalam *link html* sehingga dapat diakses secara *online* oleh pengguna dengan mudah dan fleksibel. Unsur interaktif pada *Interactive Digital Modul Physics* berisi materi pembelajaran yang dimuat dalam bentuk teks, gambar, ilustrasi, dan video, dilengkapi tombol navigasi yang memudahkan peserta didik untuk berpindah dari satu halaman ke halaman lainnya serta terdapat fitur-fitur seperti quiz, cek kondisi La Nina dan El Nino, cek emisi karbon, cek kadar kualitas udara, serta navigasi yang memudahkan pengguna untuk berinteraksi dengan materi pembelajaran. Karakteristik modul digital yang dikembangkan merujuk pada panduan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, yang dimana untuk menghasilkan modul yang mampu meningkatkan motivasi belajar harus memperhatikan karakteristik berikut dalam penyusunannya: *Self Instructional* (Instruksi Mandiri) artinya bahan ajar yang dikembangkan memfasilitasi pengguna untuk belajar secara mandiri, *Self Contained* (Materi Memadai) artinya materi yang disajikan dikemas dalam satu kesatuan yang utuh, *Stand Alone* (Berdiri Sendiri) artinya dalam penggunaannya tidak bergantung pada bahan ajar/media lain, *Adaptive* (Adaptif) artinya modul yang dikembangkan menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, dan *User Friendly* (Mudah digunakan) artinya setiap instruksi yang terdapat pada modul mudah dipahami dan mudah diakses (KPUPR, 2019).

Materi dalam *Interactive Digital Modul Physics* yang dikembangkan adalah materi fisika pada bab pemanasan global yang sesuai dengan capaian pembelajaran Fase E Kurikulum Merdeka. Pada setiap kegiatan pembelajaran 1 –3 terdapat instruksi dan pertanyaan yang membimbing peserta didik mengikuti alur pembelajaran dalam modul dengan baik. Permasalahan pada kegiatan pembelajaran 1 berupa aktivitas manusia yang melakukan alih fungsi hutan menjadi perumahan, permasalahan pada kegiatan pembelajaran 2 berupa tumpukan sampah

yang merupakan sumber gas rumah kaca berupa metana, serta permasalahan pada kegiatan pembelajaran 3 berupa potensi sumber daya Indonesia yang belum dimanfaatkan sebagai solusi mengatasi pemanasan global. Setiap kegiatan pembelajaran dikemas dengan tahapan Dilemma-STEAM, yaitu: 1) refleksi; 2) eksplorasi; 3) elaborasi; 4) integrasi; 5) transformasi (Nathalie, 2021). Dengan mengintegrasikan cerita dilema ke dalam proyek STEAM dapat meningkatkan kemampuan siswa untuk merefleksikan nilai-nilai dalam pembelajaran secara individu/kelompok, sehingga adanya pertukaran ide antar siswa dapat memberikan solusi terbaik dalam memecahkan suatu masalah.

Selanjutnya, *Interactive Digital Modul Physics* yang telah dikembangkan dilakukan uji kelayakan oleh ahli media, ahli pembelajaran, dan ahli materi untuk mengetahui layak atau tidaknya produk yang dikembangkan. Diberikan 15 butir indikator angket penilaian pada masing-masing uji kelayakan media, pembelajaran, dan materi. Hasil kelayakan oleh ahli media menghasilkan persentase rata-rata indikator sebesar 93,8%, ahli pembelajaran sebesar 94,2%, dan ahli materi sebesar 95,3%. Hasil keseluruhan dari uji kelayakan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global memperoleh presentase rata-rata sebesar 94,4% dengan interpretasi “Sangat Layak” dari aspek media, pembelajaran, maupun materi. Hasil uji kelayakan ahli tidak hanya menghasilkan angka untuk mengukur kelayakan, tetapi juga saran dan masukan sebagai acuan perbaikan *Interactive Digital Modul Physics* yang dikembangkan.

Langkah evaluasi pada tahap ini adalah meninjau kembali *hyperlink* yang disisipkan pada IDMP dan memperbaiki saran dan masukan yang diberikan saat uji kelayakan. Hasil evaluasi yang telah dilakukan adalah dengan memperbaiki komponen dan penyajian pembelajaran yang diberikan oleh ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran sebelum dilakukan uji coba penggunaan kepada guru fisika dan peserta didik kelas X SMA. Berdasarkan hasil yang diperoleh

saat uji kelayakan dan respon pengguna saat uji coba penggunaan, *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global “Sangat Layak” digunakan dalam pembelajaran fisika, khususnya dalam materi pemanasan global kelas X SMA dan mendapat tanggapan pengguna dengan interpretasi “Sangat Baik”.

d. Tahap *Implement*

Tahapan ADDIE yang keempat adalah *Implement*, pada tahap ini peneliti melakukan uji coba penggunaan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Uji coba penggunaan dilaksanakan kepada guru fisika terlebih dahulu sebelum digunakan oleh peserta didik dalam pembelajaran di kelas. Uji coba penggunaan kepada guru fisika dilakukan kepada tiga guru fisika di SMA Labschool Jakarta dengan memberikan lembar instrumen penilaian yang terdiri dari 22 butir pertanyaan, yang terbagi menjadi 4 aspek, yaitu: 8 butir pertanyaan terkait penyajian materi pemanasan global, 4 butir pertanyaan terkait model pembelajaran Dilemma-STEAM, 6 butir pertanyaan terkait aspek tampilan, dan 4 butir pertanyaan terkait manfaat.



Gambar 4.2. Uji Coba Penggunaan Guru Fisika

Hasil rata-rata aspek penilaian dari tiga guru fisika terhadap *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global yaitu 95,13% dengan interpretasi “Sangat Baik” yang terbagi kedalam 4 aspek penilaian yaitu: aspek penyajian materi sebesar 96,6%, aspek model pembelajaran 93,3%, aspek tampilan sebesar 95,5%, dan aspek manfaat sebesar 95%.

Terdapat saran dan masukan oleh guru fisika berupa menambahkan titik-titik pada daftar isi sehingga memudahkan pengguna dalam melihat nomor halaman serta memperingkas materi yang disajikan pada halaman 27. Selanjutnya, produk direvisi berdasarkan saran dan masukan oleh guru fisika.

Setelah produk direvisi, dilakukan uji coba penggunaan kepada peserta didik dalam skala besar yaitu kepada 45 responden yang terbagi ke dalam 2 kelas X di SMA Labschool Jakarta. Uji coba penggunaan *Interactive Digital Modul Physics* dilakukan secara luring dikelas selama jam pelajaran fisika. Uji coba ini menggunakan waktu sesuai dengan jam pelajaran fisika yaitu 1 x 2 JP untuk satu kelas. Peserta didik melakukan kegiatan pembelajaran pada materi pemanasan global menggunakan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) didampingi oleh guru fisika dan peneliti. Kegiatan pembelajaran dilakukan berdasarkan tahapan model pembelajaran Dilemma-STEAM yang disajikan pada *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP).



Gambar 4.3. Peserta Didik Belajar Menggunakan IDMP

Kegiatan pembelajaran berlangsung secara kondusif dan cukup mendapat antusias dari peserta didik, mereka terlihat sangat tertarik belajar *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) pada materi pemanasan global menggunakan gadget masing-masing dan mempelajari petunjuk penggunaan IDMP sebagai panduan mereka. Peserta didik terlihat tertarik mengeksplor semua fitur yang disajikan pada IDMP. Hal ini sesuai dengan Penelitian (Riskyka & Bukit, 2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran menggunakan e-modul menunjukkan peningkatan minat/motivasi belajar siswa. Peneliti menjelaskan kepada peserta didik

terkait fitur-fitur pada IDMP yang dapat dimanfaatkan mereka dalam proses pembelajaran. Selanjutnya, peserta didik melakukan pembelajaran secara mandiri dengan mengeksplorasi setiap fitur interaktif dan komponen pendukung yang disajikan pada IDMP.

Pembelajaran mengikuti sintaks Dilemma-STEAM, yaitu diawali dengan tahap refleksi. Pada tahap ini, peserta didik diminta untuk memahami studi kasus yang disajikan dengan membaca berita yang berkaitan dengan studi kasus tersebut. Penyajian studi kasus merupakan stimulus bagi peserta didik untuk mengetahui permasalahan yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan topik materi yang akan dipelajari. Pada tahap ini peserta didik terlihat mulai mengetahui dampak dari permasalahan yang disajikan dan berpikir untuk merancang solusi untuk menyelesaikannya. Selanjutnya, pada tahap eksplorasi, peserta didik diminta untuk membaca cerita dilema yang berkaitan dengan studi kasus pada tahap refleksi sekaligus memberikan tanggapan terkait pertanyaan yang disajikan. Peserta didik menjawab pertanyaan dilema yang terkait pada *google form* yang diberikan. Peserta didik terlihat berempati dan terbawa dalam suasana permasalahan yang diberikan. Setelah menjawab pertanyaan tersebut, mereka dibagi menjadi beberapa kelompok untuk berdiskusi merumuskan ide produk yang akan mereka rancang sebagai solusi penyelesaian cerita dilema yang terintegrasi STEAM.



Gambar 4.4. Peserta Didik Berdiskusi Merumuskan Ide Produk

Pada tahap elaborasi, peserta didik mempelajari konsep materi pemanasan global yang dijadikan acuan merancang ide proyek STEAM serta mengerjakan latihan soal yang disediakan. Pada uji coba ini, mereka

hanya mempelajari konsep materi pada kegiatan pembelajaran 3, yaitu mengenai penyebab dan solusi mengatasi pemanasan global. Peserta didik terlihat tertarik dalam belajar pemanasan global menggunakan *Interactive Digital Modul Physics*, mereka aktif menggunakan berbagai fitur dan komponen yang disajikan. Setelah mempelajari konsep fisika, peserta didik melanjutkan rancangan produk yang telah mereka rakit di rumah sebagai solusi penyelesaian cerita dilema yang disajikan sesuai tahap integrasi. Peneliti membagikan LKPD yang berupa pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan produk yang mereka rancang.

Proses pengerjaan proyek STEAM mendapatkan antusias tinggi dari para siswa karena mengaplikasikan konsep materi dalam kehidupan sehari-hari, mendorong kolaborasi, kreativitas, dan pemecahan masalah. Keterlibatan aktif dalam pembuatan rancangan, merakit, dan uji coba terlihat memberikan pengalaman belajar yang baru dan bermakna bagi peserta didik. Peserta didik terlihat memiliki minat belajar saat melakukan praktek secara langsung dibandingkan dengan mengerjakan soal. Kendala yang dialami peserta didik adalah saat perakitan listrik dari generator ke rangkaian lampu, dalam hal ini peserta didik dibantu oleh peneliti dan guru fisika untuk mengatasinya. Saat alat yang mereka rancang dapat berfungsi dengan baik, mereka sangat senang karena dapat berkontribusi untuk menyelesaikan permasalahan kehidupan sehari-hari yang disajikan pada cerita dilema.



Gambar 4.5. Peserta Didik Merancang Proyek STEAM

Setelah menyelesaikan LKPD yang diberikan, peserta didik terlihat mampu mengetahui keterkaitan proyek STEAM yang dihasilkan dengan materi yang dipelajari dan cerita dilema yang disajikan. Tahap selanjutnya adalah transformasi, pada tahap ini mereka mengerjakan

latihan soal pada kegiatan pembelajaran 3. Sayangnya, mereka hanya menjawab soal pilihan ganda secara acak karena adanya keterbatasan waktu. Peserta didik berpendapat bahwa latihan soal yang diberikan sudah sesuai dengan materi yang disajikan dan mereka langsung dapat melihat nilai yang mereka peroleh serta kunci jawaban. Selanjutnya, peserta didik melakukan pengisian angket penilaian uji coba penggunaan berdasarkan pengalaman mereka selama menggunakan IDMP yang dikembangkan. Angket uji coba penggunaan menggunakan *google form* yang berisi 22 butir pertanyaan yang terbagi menjadi 4 aspek, yaitu: 8 butir pertanyaan terkait penyajian materi pemanasan global, 4 butir pertanyaan terkait model pembelajaran Dilemma-STEAM, 6 butir pertanyaan terkait aspek tampilan *Interactive Digital Modul Physics*, dan 4 butir pertanyaan terkait manfaat *Interactive Digital Modul Physics*. Peserta didik diberikan pilihan berupa skor 1-5 mengikuti skala likert, dimana poin 1 untuk interpretasi “Sangat Tidak Baik” hingga poin 5 dengan interpretasi “Sangat Baik”. Pengisian angket uji coba berjalan kondusif karena pertanyaan-pertanyaan yang disajikan menggunakan bahasa yang sederhana dan sesuai dengan pengalaman peserta didik.



Gambar 4.6. Pengisian Angket Uji Coba Penggunaan Oleh Peserta Didik

Hasil uji coba penggunaan peserta didik yang telah dilakukan memperoleh persentase rata-rata dari keseluruhan aspek yang disajikan sebesar 93,40% dengan interpretasi “Sangat Baik”. Dari hasil tersebut, diperoleh persentase tertinggi ada pada aspek penyajian materi yaitu sebesar 95,40%. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik mudah memahami konsep materi pemanasan global yang disajikan pada *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran

Dilemma-STEAM karena dilengkapi berbagai komponen yang mendukung penjelasan materi. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian yang membuktikan bahwa penggunaan E-Modul mendapat respon yang sangat positif dari peserta didik, penggunaannya menjadikan peserta didik menjadi lebih aktif dan tentunya hal itu akan berdampak pada minat dan penguasaan konsep materi oleh peserta didik (Sulisetijono et al., 2023). Peneliti juga melakukan wawancara kepada 5 peserta didik untuk mengetahui tanggapan peserta didik setelah menggunakan IDMP berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Hasil wawancara tersebut memberikan kesimpulan bahwa pembelajaran menggunakan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM dapat meningkatkan motivasi peserta didik dalam belajar dan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, partisipasi aktif dan keterampilan kolaboratif peserta didik.

Berdasarkan hasil uji kelayakan dan uji coba penggunaan sebagaimana sudah diuraikan di atas, menunjukkan bahwa *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM yang dikembangkan dinyatakan “Sangat layak” dan mendapatkan respon “Sangat Baik” untuk digunakan oleh peserta didik dalam mempelajari materi pemanasan global. Keterbaharuan dari modul digital ini adalah dari segi penyajian materi, dimana mengikuti sintaks model pembelajaran Dilemma-STEAM yang dilengkapi berbagai fitur interaktif berupa cek kondisi pemanasan global yang dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam serta mengetahui bahwa materi tersebut sedang menjadi permasalahan global yang harus segera diatasi. *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) menyajikan soal evaluasi yang langsung mendapatkan umpan balik terkait jawaban yang peserta didik berikan, sehingga mereka mampu mengukur tingkat pemahaman terhadap suatu materi secara individu. Produk yang dihasilkan berupa *link html* yang dapat diakses kapan saja dan di mana saja menggunakan perangkat elektronik apapun tanpa aplikasi pendukung. Namun,

kekurangan dari produk yang dihasilkan adalah belum tersedia secara *offline* karena terdapat komponen pendukung yang hanya dapat diakses dengan perangkat elektronik yang terhubung dengan internet. Langkah evaluasi pada tahap ini adalah memperbaiki saran dan masukan yang diberikan oleh guru fisika. Hasil evaluasi yang telah dilakukan adalah dengan memperbaiki konten materi yang diberikan oleh guru fisika. Dalam hal ini, peserta didik tidak memberikan revisi melainkan memberikan catatan untuk mengembangkan produk yang sama pada materi lainnya.

e. Tahap Evaluate

Tahap terakhir dari pengembangan produk ini adalah tahap *Evaluate* berupa perbaikan yang dilakukan pada setiap tahapan pengembangan untuk menyempurnakan produk (Branch, 2009). Dalam penelitian ini, sebelum peneliti melanjutkan ke tahapan ADDIE berikutnya, peneliti melakukan perbaikan berdasarkan saran dan masukan yang diberikan pada tahap sebelumnya.

Proses pengembangan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global telah dilakukan berdasarkan tahapan model pengembangan ADDIE. Pada setiap tahapan telah dilakukan evaluasi untuk menyempurnakan produk sebelum lanjut ke tahap berikutnya. Namun, meskipun IDMP ini sudah dinyatakan layak masih memiliki kekurangan, yaitu proyek STEAM yang diberikan pada akhir kegiatan pembelajaran belum variatif. Proyek yang diberikan cenderung mengarahkan siswa untuk menjadikannya sebagai solusi untuk mengatasi cerita dilema sehingga belum memberikan kebebasan kepada siswa untuk menentukan pilihannya. Selain itu, soal evaluasi pembelajaran yang digunakan belum terdapat soal HOTS. Penelitian ini akan lebih baik jika dilakukan uji kuantitatif untuk mengukur hasil belajar siswa, motivasi belajar siswa ataupun keterampilan 4C siswa dan melakukan pengembangan untuk materi fisika lainnya.

2. Interactive *Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM

Interactive Digital Modul Physics merupakan modul digital yang dapat memunculkan interaksi antara pengguna dengan fitur-fitur yang ada dalam modul digital sehingga dapat menjadikan proses pembelajaran lebih menarik dan interaktif karena disusun dengan mengombinasikan berbagai komponen seperti audio, animasi, grafik, gambar dan video yang dapat mempermudah siswa dalam melangsungkan kegiatan pembelajaran di kelas maupun secara mandiri (Nasution et al., 2019). Berdasarkan hasil uji coba penggunaan kepada guru diperoleh hasil sebesar 95,60% dengan interpretasi “Sangat Baik” dalam aspek tampilan, hal tersebut telah mencakup indikator bahwa tampilan IDMP bersifat interaktif sehingga dapat menarik minat peserta didik dalam belajar pemanasan global. Komponen pendukung dan bahasa yang digunakan dapat memudahkan peserta didik untuk tertarik belajar secara mandiri. Berdasarkan hasil uji coba penggunaan kepada peserta didik secara keseluruhan memperoleh 93,80% dengan interpretasi “Sangat Baik” dalam aspek tampilan *Interactive Digital Modul Physics* yang telah dikembangkan. Hal ini sejalan dengan penelitian Lee & Wang (2024) yang menyatakan bahwa tampilan modul yang menarik dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik serta membantu siswa dalam meningkatkan pemahamannya terhadap suatu materi pembelajaran. Hal tersebut diperkuat berdasarkan hasil wawancara peserta didik yang menyatakan bahwa tampilan *Interactive Digital Modul Physics* yang telah dikembangkan mampu menarik minat peserta didik dalam belajar.

Secara lebih rinci, dalam aspek tampilan diperoleh hasil sebesar 71,1% yang menyatakan bahwa tampilan IDMP menarik dan bersifat interaktif sehingga peserta didik dapat lebih mudah memahami materi yang disampaikan, meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran, dan mendorong mereka untuk berpartisipasi aktif dalam diskusi dan kegiatan yang disediakan. IDMP yang telah dikembangkan mengombinasikan gambar, ilustrasi, dan video. Peserta didik sebanyak 84,4% berpendapat bahwa video, gambar dan ilustrasi yang disajikan dapat diakses dengan mudah dan lancar

sehingga peserta didik terlihat memahami materi pemanasan global dengan baik karena diperjelas dengan menggunakan komponen tersebut. Temuan tersebut sesuai dengan penelitian Emiliyana (2024) yang menunjukkan bahwa peserta didik dapat lebih mudah memahami materi yang disajikan karena dilengkapi dengan gambar, video, dan ilustrasi dibandingkan hanya disampaikan melalui teks/tulisan. Hal tersebut didukung dengan hasil wawancara kepada peserta didik yang menyatakan bahwa peserta didik merasa terbantu dalam memahami konsep materi yang disajikan dengan adanya komponen pendukung seperti gambar/ilustrasi, dan video.

Tombol-tombol *hyperlink* yang disajikan 75,6% peserta didik berpendapat dapat berfungsi dengan baik sehingga memudahkan peserta didik ketika belajar mandiri menggunakan IDMP. Selain itu, IDMP menyediakan petunjuk penggunaan, 75,6% peserta didik terlihat sangat terbantu dalam mengikuti langkah-langkah pembelajaran yang disajikan. Dalam hal ini, peserta didik terlihat dapat menggunakan IDMP secara mandiri tanpa bertanya kepada peneliti, karena fitur-fitur yang disajikan telah dijelaskan pada bagian petunjuk penggunaan Hal tersebut sejalan dengan penelitian Taufik (2024) yang menyatakan bahwa dalam penyusunan modul diperlukan petunjuk penggunaan yang bersifat intruksional sehingga dapat membantu peserta didik untuk belajar secara mandiri. Selain itu, bahasa yang digunakan dalam modul harus bersifat komunikatif dan mudah dipahami. Penelitian Azhary (2024) menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam penyusunan modul harus menyesuaikan bahasa pendidik saat menyampaikan materi sehingga siswa mempermudah siswa dalam memahami materi. Hasil wawancara peserta didik menyatakan bahwa bahasa yang digunakan dalam IDMP sudah menggunakan bahasa pendidik/guru sehingga peserta didik dapat dengan mudah menggunakannya dalam kegiatan belajar mandiri.

Proses pembelajaran menggunakan modul digital membuat siswa lebih memahami konsep materi karena siswa memperoleh bahan ajar mandiri sehingga pembelajaran tidak terpaku pada penyampaian materi oleh guru di sekolah (Nurhayati et al., 2017). Pendidik memberikan nilai uji coba penggunaan sebesar 96,60% pada aspek penyajian materi dengan interpretasi

“Sangat Baik” yang menyatakan bahwa *Interactive Digital Modul Physics* pada materi pemanasan global sudah menyajikan materi yang sesuai dengan capaian dan tujuan pembelajaran kurikulum merdeka serta sudah dikaitkan dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Peserta didik terlihat sangat tertarik untuk belajar karena mengetahui keterkaitan antara materi yang akan dipelajari dan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari. Temuan tersebut sesuai dengan penelitian Romiszowski (2024) yang menyatakan bahwa dalam membuat bahan ajar harus disesuaikan dengan kurikulum yang berlaku saat ini, yaitu kurikulum merdeka agar kegiatan pembelajaran dapat terlaksana sesuai dengan capaian pembelajaran yang telah ditetapkan. Selain itu, penelitian Lubis (2024) juga menyatakan bahwa mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari dapat menumbuhkan minat belajar peserta didik karena dapat memberikan pengalaman langsung dalam proses pembelajaran. Peserta didik sebanyak 77,8% berpendapat bahwa penjelasan konsep materi yang disajikan telah dikaitkan dengan peristiwa yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, berdasarkan hasil wawancara peserta didik, mereka merasa lebih mudah dalam memahami materi pemanasan global dan mengetahui tujuan belajar karena terdapat manfaat praktis dan contoh nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Hasil uji coba penggunaan kepada peserta didik pada aspek penyajian materi sebesar 95,40% dengan interpretasi “Sangat Baik”. Secara lebih rinci, diperoleh hasil sebesar 88,9% menyatakan bahwa materi yang disajikan memudahkan peserta didik dalam memahami materi pemanasan global. Hal tersebut disebabkan karena sebesar 84,4% berpendapat bahwa gambar, ilustrasi, dan video yang disajikan dapat mendukung pemahaman peserta didik terhadap konsep materi yang sedang dibahas serta memudahkan peserta didik untuk belajar mandiri. Temuan tersebut sesuai dengan penelitian Ansyorie (2024) yang menyatakan bahwa gambar, ilustrasi, dan video yang disajikan dalam modul harus sesuai dengan materi yang disampaikan agar dapat memvisualisasikan materi yang sulit dipahami sehingga dapat menciptakan kemandirian belajar. Peserta didik terlihat lebih memahami materi pemanasan global, terutama pada penjelasan efek rumah kaca karena

terdapat ilustrasi terjadinya efek rumah kaca yang disajikan dalam bentuk video. Hal tersebut diharapkan mampu mengurangi miskonsepsi peserta didik terhadap definisi efek rumah kaca. Berdasarkan hasil wawancara peserta didik menyatakan bahwa komponen pendukung telah sesuai dengan topik materi yang dibahas sehingga mendukung pemahaman peserta didik terhadap materi yang sedang dipelajari.

Latihan soal, evaluasi akhir, dan *games* mendapatkan hasil 77,8% yang menyatakan bahwa dapat mengukur tingkat pemahaman peserta didik terhadap materi yang telah disajikan. Berdasarkan penelitian Neubauer (2024) yang menyatakan bahwa soal evaluasi harus disesuaikan dengan indikator tujuan pembelajaran agar dapat mengukur tingkat penguasaan materi peserta didik. Pada penelitian ini, soal yang disajikan sudah dilengkapi dengan indikator taksonomi Bloom C1-C6 yang disesuaikan dengan tujuan pembelajaran. Peserta didik terlihat dapat menjawab beberapa latihan soal pada KP 3 dengan mudah karena jawaban dari latihan soal tersebut berkaitan dengan topik materi yang sudah dipelajari. Hasil tersebut diperkuat dengan hasil wawancara peserta didik yang menyatakan bahwa *Interactive Digital Modul Physics* berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM sudah sesuai dengan konsep materi pemanasan global yang disajikan dan dapat mengukur kemampuannya dalam memahami materi karena terdapat umpan balik berupa nilai dan kunci jawaban setelah mereka selesai mengerjakan.

Interactive Digital Modul Physics sebanyak 75,6% berpendapat sudah mengemas materi pemanasan global dengan mengikuti perkembangan teknologi yang ada, terdapat beberapa fitur interaktif yang dapat membantu peserta didik dalam mengetahui kondisi pemanasan global pada tingkat dunia. Peserta didik terlihat tertarik dan menambah wawasan mereka terkait fenomena pemanasan global ketika belajar menggunakan fitur interaktif yang telah disediakan. Fitur interaktif pada kegiatan pembelajaran 1 berupa fitur pantau kondisi La Nina dan El Nino, pada kegiatan pembelajaran 2 terdapat fitur cek emisi karbon dan terdapat simulasi terjadinya efek rumah kaca, pada kegiatan pembelajaran 3 terdapat fitur cek kondisi ozon dan cek polusi udara. Fitur interaktif yang disajikan pada *Interactive Digital Modul Physics*

(IDMP) sudah memanfaatkan teknologi dan berkaitan dengan topik materi yang sedang dipelajari. Peserta didik terlihat tertarik dengan fitur interaktif yang menambah wawasan baru bagi mereka terkait fenomena pemanasan global yang sudah mendunia. Hasil wawancara peserta didik menunjukkan bahwa mereka merasa terbantu dengan adanya fitur interaktif yang terdapat pada IDMP. Fitur interaktif yang disajikan dapat memberikan visualisasi/gambaran kepada peserta didik sehingga dapat meningkatkan penguasaan konsep peserta didik.

Manfaat *Interactive Digital Modul Physics* dalam proses pembelajaran adalah memfasilitasi peserta didik untuk belajar mandiri serta mengemas materi pembelajaran dengan lebih menarik dan menyenangkan. Berdasarkan hasil uji coba penggunaan kepada pendidik memperoleh hasil sebesar 95% dengan interpretasi “Sangat Baik” karena IDMP dapat dijadikan alternatif bahan ajar bagi pendidik serta mampu mengubah kebiasaan belajar yang terpusat pada siswa. Penelitian Iskandar (2024) menyatakan bahwa bahan ajar berupa e-modul sudah dikemas secara utuh dan sistematis sehingga siswa dapat melakukan aktivitas pembelajaran secara mandiri tanpa bergantung dengan penyampaian materi oleh guru disekolah.

Hasil uji coba penggunaan kepada peserta didik dalam aspek manfaat memperoleh 91,80% dengan interpretasi “Sangat Baik”. Secara lebih rinci, sebanyak 73,3% berpendapat bahwa *Interactive Digital Modul Physics* dapat dijadikan alternatif sumber belajar secara mandiri. Peserta didik terlihat dapat memanfaatkan IDMP untuk mengulas materi pemanasan global dalam mempersiapkan UAS, karena sebelumnya materi tersebut tidak dijelaskan oleh guru secara mendetail. Selain itu, 68,9% menyatakan bahwa IDMP mampu memudahkan peserta didik dalam memahami konsep pemanasan global serta 62,2% merasa senang ketika belajar materi pemanasan global menggunakan IDMP. Guru fisika menilai respon peserta didik sangat tinggi dan terlihat lebih aktif ketika belajar menggunakan IDMP dibandingkan hanya mendengarkan penjelasan materi yang disampaikan oleh guru. Temuan tersebut sesuai dengan penelitian Septia (2024) yang menyatakan bahwa modul dikemas dengan bentuk yang menarik dan interaktif agar siswa terlibat

secara aktif dan termotivasi untuk memahami materi. Selain itu, penelitian Aflah (2024) membuktikan bahwa modul pembelajaran yang dikembangkan dapat memudahkan siswa untuk mengulas kembali materi yang disampaikan oleh guru disekolah serta peserta didik mendapatkan referensi baru untuk pembelajaran yang dapat disesuaikan dengan kecepatan belajar masing-masing. Hasil wawancara peserta didik menunjukkan bahwa IDMP yang telah dikembangkan mampu membuat siswa lebih semangat dan fleksibel dalam melakukan pembelajaran karena dapat diakses dimana saja dan kapan saja dengan menggunakan perangkat yang terhubung internet serta komponen pendukung yang disajikan sudah memfasilitasi gaya belajar siswa.

Model pembelajaran yang digunakan dalam pengembangan *Interactive Digital Modul Physics* pada materi pemanasan global adalah Model Pembelajaran Dilemma-STEAM. Model pembelajaran Dilemma-STEAM dipilih untuk mengembangkan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) pada materi pemanasan global karena model pembelajaran ini bersifat kontekstual (Rahmawati et al., 2020). Pembelajaran yang bersifat kontekstual dapat mendorong peserta didik untuk terlibat aktif dalam pembelajaran. *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) terdiri dari 3 kegiatan pembelajaran, dimana setiap kegiatan pembelajaran tersebut disusun berdasarkan tahapan Dilemma-STEAM yang terdiri dari 5 tahapan yaitu: refleksi, eksplorasi, elaborasi, integrasi, dan transformasi (Natalya et al., 2021). Pembelajaran Dilemma-STEAM dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif peserta didik melalui cerita dilematis yang menuntut mereka untuk menyelesaikan permasalahan melalui proyek STEAM yang dirancang dengan kreatif secara kolaborasi (Rahmawati et al., 2019). Berdasarkan hasil uji coba penggunaan kepada guru fisika memperoleh hasil sebesar 93,40% dengan interpretasi “Sangat Baik” pada aspek model pembelajaran Dilemma-STEAM yang menyatakan bahwa model pembelajaran yang digunakan dapat membuat peserta didik belajar berpikir kritis dan meningkatkan kerja sama antar peserta didik serta tahapan model pembelajaran disajikan secara sistematis dan mengangkat isu sosial yang berkaitan dengan topik materi.

Selain itu, berdasarkan hasil uji coba penggunaan kepada peserta didik memperoleh hasil sebesar 91,80% untuk aspek model pembelajaran dengan interpretasi “Sangat Baik”. Secara lebih rinci, diperoleh hasil sebesar 64,4% peserta didik merasa terbawa dalam suasana cerita dilema dan merasa harus membantu menemukan solusi yang tepat dalam permasalahan yang disajikan. Pada tahap refleksi, peserta didik disajikan studi kasus dalam bentuk berita yang berkaitan dengan permasalahan pemanasan global yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan hasil wawancara peserta didik menunjukkan bahwa studi kasus yang disajikan sudah mampu menjadi stimulus bagi peserta didik dalam mengaitkan topik materi yang dibahas dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Tahap refleksi adalah tentang siswa menjadi sadar akan proses berpikirnya sendiri dan mampu menjadikan dirinya berada pada suatu kondisi tersebut (Natalya et.al., 2020). Pada tahap ini peserta didik terlihat lebih menyadari dampak dari suatu fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari dan berusaha untuk membantu mencari solusi penyelesaian terhadap fenomena tersebut. Selain itu, hasil wawancara peserta didik menyatakan bahwa fakta-fakta terkait fenomena yang terjadi dapat menjadi stimulus untuk menemukan solusi penyelesaiannya dengan mempelajari topik materi.

Pada tahap eksplorasi disajikan cerita dilema yang mengajak siswa untuk terbawa dalam suasana yang diberikan pada studi kasus dengan memberikan beberapa pertanyaan dilema dalam menentukan solusi yang tepat dari permasalahan yang disajikan. Penelitian Natalya (2020) menyatakan bahwa cerita dilema merupakan kumpulan kumpulan cerita dengan tokoh dan alur yang memuat satu atau lebih skenario yang mempunyai dilema, sehingga siswa tidak hanya termotivasi untuk memahami permasalahan dalam cerita, tetapi juga memiliki kemampuan untuk memecahkannya. masalah dan mengambil keputusan. Saat membaca cerita dilema, peserta didik terlihat terbawa dalam permasalahan yang disajikan sehingga merasa sedikit kesulitan dan berhati-hati dalam menjawab pertanyaan yang disajikan untuk menentukan keputusan yang akan mereka ambil ketika berada pada posisi tersebut. Peserta didik merasa tidak dapat

memutuskannya secara individu sehingga mereka saling berdiskusi satu sama lain agar memiliki pandangan yang beragam. Hasil wawancara peserta didik menunjukkan bahwa cerita dilema yang disajikan mampu menumbuhkan empati peserta didik sehingga memaksa peserta didik untuk berpikir kritis dalam menemukan solusi penyelesaian yang efektif dan inovatif. Temuan tersebut diperkuat dengan penelitian Rahmawati (2022) yang menyatakan bahwa cerita dilema memaksa peserta didik untuk terlibat dalam pemikiran reflektif dan kritis untuk menemukan solusi yang tepat.

Selain itu, dalam menjawab pertanyaan cerita dilema yang disajikan, setiap peserta didik terlihat memiliki argumen yang berbeda, mereka saling mempertahankan opininya masing-masing dengan memaparkan kelebihan dan kekurangannya pada setiap pilihan dalam menentukan solusi penyelesaian yang dapat dilakukan. Solusi penyelesaian yang akan mereka lakukan merupakan implikasi atau penerapan konsep materi dalam kehidupan sehari-hari. Dalam penentuan solusi penyelesaian tersebut, peserta didik termotivasi untuk memahami fenomena kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan topik materi untuk mengambil keputusan yang sesuai dalam memecahkan permasalahan. Berdasarkan Penelitian Natalya (2020) menyatakan bahwa tujuan cerita dilema disajikan adalah untuk menghubungkan pembelajaran dengan pengalaman siswa dalam kehidupan sehari-hari dan membangun pengetahuan baru berdasarkan analisis dan sintesis siswa dalam membaca cerita dilema. Hasil wawancara peserta didik menyatakan bahwa cerita dilema yang disajikan merupakan fenomena sehari-hari yang dapat diselesaikan dengan mempelajari pemanasan global.

Pada tahap elaborasi disajikan konsep materi yang difokuskan dengan permasalahan dan isu yang dibahas untuk dijadikan panduan atau ide dalam pembuatan proyek STEAM. Peserta didik sebanyak 64,4% berpendapat materi yang disajikan pada tahap elaborasi memudahkan peserta didik dalam memahami materi pemanasan global. Konsep materi pemanasan global pada *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) terbagi menjadi 3 kegiatan pembelajaran, yaitu: Definisi Pemanasan Global dan Fakta-Fakta Perubahan Lingkungan, Peningkatan Kadar CO_2 Atmosfer di Balik Peningkatan Suhu

Bumi, dan Aktivitas Manusia yang Menyebabkan Pemanasan Global dan Solusi untuk Mengatasinya. Setiap pembahasan materi dilengkapi dengan latihan soal dan evaluasi akhir yang mendukung pemahaman materi. Penelitian Alenezi (2023) menunjukkan bahwa dalam mengembangkan bahan ajar penyajian materi pembelajaran harus dilengkapi latihan soal yang dapat mengukur kemampuan materi terhadap materi yang telah disajikan. Hal tersebut didukung dengan hasil wawancara peserta didik menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan IDMP yang terbagi kedalam 3 kegiatan pembelajaran dilengkapi dengan evaluasi akhir dapat membuat pembelajaran menjadi lebih fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kecepatan belajar peserta didik sehingga dapat mendukung pemahaman materi yang lebih mendalam.

Selanjutnya, pada tahap integrasi peserta didik mengembangkan proyek STEAM sebagai penyelesaian studi kasus dalam cerita dilema. Disajikan LKPD yang berisi alat dan bahan yang dibutuhkan, langkah-langkah pembuatan, dan menganalisis pertanyaan yang berkaitan dengan proyek STEAM yang dihasilkan. Peserta didik sebanyak 62,2% berpendapat langkah pembuatan produk jelas dan mudah diikuti serta merupakan solusi dari cerita dilema dan berkaitan dengan konsep yang sedang dipelajari. Temuan tersebut sesuai dengan penelitian Husna et al. (2024) yang menunjukkan bahwa dalam penyusunan Modul harus memperhatikan prinsip pengembangan, salah satunya *user friendly* yaitu penyajian intruksi harus jelas dan mudah dipahami oleh pengguna. Hasil wawancara peserta didik menyatakan bahwa LKPD pada tahap integrasi sudah berisi panduan yang jelas dan lengkap dalam menyusun proyek STEAM sebagai penyelesaian cerita dilema.

Pemilihan proyek STEAM harus disesuaikan dengan konsep materi dan permasalahan yang disajikan pada cerita dilema. Menurut hasil wawancara peserta didik merasa bahwa proyek STEAM ini tidak hanya relevan dengan apa yang mereka pelajari di kelas, tetapi juga memberikan manfaat praktis yang dapat mereka terapkan dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, dapat meningkatkan keterlibatan siswa dengan memberikan kesempatan kepada siswa untuk memecahkan masalah melalui diskusi. Peserta didik terlihat

tertarik merancang proyek STEAM yang disajikan. Hal tersebut sesuai dengan hasil wawancara yang dilakukan bahwa peserta didik menyukai pembelajaran yang melibatkan siswa untuk melatih kreativitasnya melalui kegiatan proyek STEAM sehingga mereka lebih mengetahui pemahaman materi yang disajikan melalui penerapan proyek. Penelitian Hsiao & Su (2021) menyatakan bahwa kombinasi pendidikan STEAM dapat memberikan pengalaman pembelajaran yang baru serta dapat meningkatkan hasil belajar dan motivasi peserta didik dalam belajar.

Proyek STEAM yang merupakan solusi penyelesaian permasalahan cerita dilema disajikan secara kolaborasi sehingga peserta didik dapat bertukar ide dalam merancang solusi yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut. Dengan mengintegrasikan cerita dilema ke dalam proyek STEAM peserta didik terlihat aktif dalam merefleksikan nilai-nilai pembelajaran baik secara individu maupun kelompok, sehingga dengan adanya pertukaran ide antar siswa dapat memberikan solusi terbaik dalam memecahkan suatu masalah. Hal ini sejalan dengan penelitian Rahmawati (2019) menunjukkan bahwa proyek STEAM yang dirancang dapat mengembangkan keterampilan kolaborasi peserta didik dengan bertukar ide/gagasan dalam menyelesaikan permasalahan cerita dilema yang disajikan. Hasil wawancara peserta didik menunjukkan bahwa melalui proyek STEAM pembuatan PLTB sederhana yang dikerjakan secara kolaboratif dapat mengembangkan kemampuan berkomunikasi dan kerjasama. Dalam penelitian ini, peserta didik melakukan perancangan alat, pembuatan alat di rumah sehingga di sekolah mereka hanya melakukan pengujian alat dan mengerjakan LKPD yang diberikan. Secara keseluruhan, proyek STEAM yang dibuat dapat berfungsi dengan baik untuk menjadi solusi penyelesaian pada cerita dilema. Model pembelajaran Dilemma-STEAM juga dapat merangsang partisipasi aktif siswa dengan memberikan cerita yang relevan dengan keseharian mereka dalam situasi dilematis yang dianggap sebagai situasi yang tidak menyenangkan bagi siswa. Oleh karena itu, integrasi cerita dilema dan STEAM merupakan alternatif dalam memberikan pendidikan

untuk mengubah cara pandang siswa dalam memanfaatkan sumber daya alam untuk mengurangi fenomena pemanasan global.

Selanjutnya, pada tahap transformasi terdapat soal evaluasi yang telah disesuaikan dengan tujuan pembelajaran serta dilengkapi kunci jawaban sehingga mampu mengukur kemampuan peserta didik terhadap materi yang telah dipelajari. Hal tersebut dibuktikan dari hasil uji coba penggunaan kepada peserta didik sebanyak 80% berpendapat evaluasi pembelajaran yang disajikan sudah sesuai dengan isi materi dan contoh soal yang telah diberikan. Peserta didik terlihat dapat melakukan *self assesment* terhadap soal evaluasi yang telah dikerjakan, mereka dapat mengetahui tingkat pemahamannya masing-masing terhadap materi yang sudah dipelajari. Selain itu, pada tahap transformasi disajikan refleksi peserta didik setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran menggunakan *Interactive Digital Modul Physics* (IDMP) berbasis model pembelajaran Dilemma-STEAM pada materi pemanasan global. Berdasarkan hasil wawancara peserta didik yang telah dilakukan, setelah belajar menggunakan model pembelajaran Dilemma-STEAM, mereka merasa terlatih berpikir kritis dan kolaboratif. Hal ini dikarenakan peserta didik ditantang untuk menyelesaikan permasalahan cerita dilema dengan membuat proyek yang berkaitan dengan konsep pemanasan global dan melakukan perancangan alat dengan memperhitungkan waktu pengerjaan proyek sehingga harus menggunakan strategi yang tepat dalam berkolaborasi. Hasil wawancara peserta didik menyatakan bahwa model pembelajaran Dilemma-STEAM memberikan pengalaman belajar yang baru bagi peserta didik selama belajar fisika karena pembelajaran menantang peserta didik untuk berpikir kritis dalam menyelesaikan permasalahan yang ada pada cerita dilema yang disajikan.

Berdasarkan paparan diatas, dapat disimpulkan bahwa tampilan *Interactive Digital Modul Physics* yang telah dikembangkan mampu meningkatkan ketertarikan/motivasi belajar peserta didik pada materi pemanasan global. Penyajian materi pemanasan global pada *Interactive Digital Modul Physics* menggunakan bahasa yang mudah dipahami pengguna dalam belajar mandiri, petunjuk penggunaan yang disajikan memudahkan

peserta didik dalam belajar menggunakan *Interactive Digital Modul Physics*, serta tombol-tombol *hyperlink* yang disajikan memudahkan peserta didik dalam berpindah halaman saat melakukan kegiatan belajar mandiri. Komponen pendukung berupa gambar/ilustrasi dan video yang disajikan mampu memperjelas pemahaman peserta didik terhadap topik yang sedang dibahas. Manfaat *Interactive Digital Modul Physics* dirasakan oleh pendidik maupun peserta didik yaitu dapat dijadikan sumber belajar mandiri yang memusatkan aktivitas pembelajaran kepada peserta didik. Selain itu, IDMP mampu meningkatkan motivasi peserta didik dalam belajar pemanasan global karena dilengkapi dengan komponen pendukung berupa gambar dan video serta terdapat fitur interaktif yang menyebabkan pembelajaran menjadi dua arah. Model pembelajaran Dilemma-STEAM yang diawali dengan penyajian cerita dilema mampu membuat peserta didik berpartisipasi aktif dan berpikir kritis dalam menemukan solusi penyelesaian yang paling efektif serta proyek STEAM yang dikerjakan secara kolaboratif mampu meningkatkan kemampuan komunikasi dan kolaborasi peserta didik.