
PENGEMBANGAN *E-MODUL* BERBASIS STEM DENGAN MENGUNAKAN APLIKASI *SIGIL* PADA MATERI PEMANASAN GLOBAL DI KELAS X SMAS PAB 8 SAENTIS

¹*Rahma, ¹Rahmatsyah

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Sumatera Utara
*Surel: hestyamita90@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kelayakan e-modul berbasis *science, technology, engineering, and mathematics* (STEM) pada mata pelajaran pemanasan global menggunakan aplikasi sigil, untuk mengevaluasi efektifitas e-modul berbasis STEM dengan topik pemanasan global menggunakan aplikasi sigil, dan untuk mengetahui kepraktisan penggunaan e-modul. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan model ADDIE pada setiap tahapannya yaitu (analisis, desain, pengembangan, implementasi dan evaluasi). Dalam penelitian ini dilibatkan dua dosen fisika, seorang guru fisika dan siswa dari Sekolah Swasta PAB 8 SAENTIS. Berdasarkan ukuran tingkat kualifikasi, validitas ahli materi dinilai sebesar 3,20 dengan keterangan layak, sedangkan untuk validitas ahli media dinilai sebesar 3,20 dengan keterangan layak. Efisiensi e-modul dinilai sebesar 0,40 dengan N-Gain sedang yang berarti efisien dalam proses pembelajaran materi pemanasan global.

Kata Kunci: *E-modul, Pendekatan STEM, Aplikasi Sigil, Pemanasan Global*

Abstract

This research aims to determine the feasibility level of a STEM-based e-module on global warming material using the Sigil application, assess its effectiveness, and evaluate its practical usage. The study employs the Research and Development (R&D) method with the ADDIE model at each stage, namely analysis, design, development, implementation, and evaluation. Subjects include two physics lecturers, a physics teacher, and tenth-grade students from SMA Swasta PAB 8 SAENTIS. Based on the feasibility assessment, the material experts' validity score is 3.20, categorized as feasible, while the media experts' validity score is also 3.20, categorized as feasible. The e-module's effectiveness level achieved an N-Gain of 0.40, placing it in the medium category, thus deemed effective for learning. According to the practicality assessment percentage by the physics subject teacher, it scored 78.33% (Satisfactory), whereas the students' response to the use of the developed STEM-based e-module was 77.50% (Attractive). The effectiveness level of the STEM-based e-module on global warming material is declared feasible, effective, and practical.

Keywords: *E-modules, STEM Approach, Sigil Application, Global Warming*

1. Pendahuluan

Pendidikan adalah proses yang mengubah pengetahuan, keterampilan, sikap dan perilaku seseorang. Menurut Mudarwan (2018) pendidikan abad ke-21 melibatkan siswa yang merupakan *digital native* yang berevolusi seiring kemajuan teknologi, sadar akan teknologi baru, dan aktif menggunakan internet. Menurut UU No. 20 tahun 2003, pendidikan didefinisikan sebagai upaya yang direncanakan dan disadarkan untuk menciptakan keadaan dan proses belajar yang melibatkan siswa agar aktif guna meningkatkan kemampuan mereka. Tujuan pendidikan nasional adalah untuk meningkatkan kehidupan bangsa. Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan pembelajaran yang lebih baik dan peningkatan sumber daya manusia untuk meningkatkan partisipasi siswa dalam pendidikan.

Data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa tingkat partisipasi pendidikan pada jenjang lanjutan atau sederajat masih jauh dari titik penyelesaian. Hasil pembelajaran pada tingkat dasar, menengah, dan tinggi masih belum memuaskan. Oleh karena itu, masih tepat untuk menggunakan rasio partisipasi kasar untuk mengukur akses terhadap pendidikan menengah. Dalam hasil tes *Program for International Student Assessment (PISA)*, Indonesia menduduki peringkat rendah dalam kemampuan matematika, sains, dan membaca pada hasil tes PISA 2018. Skor PISA maksimum adalah 1.000 poin untuk setiap kemampuan yang dinilai: membaca, matematika, dan sains. Hasil tes PISA menunjukkan tidak ada peningkatan pada periode ke-18. Namun selisih hasil siswa Indonesia dengan rata-rata siswa negara maju di OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) menunjukkan tren penurunan di seluruh bidang yang diuji. Sejak tes PISA dikembangkan antara tahun 2000 dan 2018, skor PISA Indonesia masih jauh di bawah rata-rata negara-negara OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*). Skor kemahiran membaca PISA Indonesia mengalami peningkatan sejak tahun 2000, naik dari 371 menjadi 402 pada tahun 2009, namun pada tahun 2018 skor kemahiran membaca PISA Indonesia turun lagi menjadi 371, dan pada tahun 2021 skor kemahiran membaca PISA Indonesia turun lagi menjadi 371. Rata-rata skor kemahiran membaca sains jumlah pelajar di Indonesia sebanyak 399. Berdasarkan studi PISA (*Program for International Student Assessment*) yang diterbitkan pada 5 Desember 2023, skor Indonesia adalah 68, menjadikannya negara ke-68. Matematika 377, Sains 398, dan Membaca 371. Secara keseluruhan, tidak ada peningkatan signifikan dalam hasil belajar siswa selama 20 tahun terakhir. Namun OECD menyatakan Indonesia merupakan salah satu negara dengan tren skor PISA (*Programme for International*

Student Assessment) yang baik. Ada banyak alasan mengapa hasil PISA dan penilaian keterampilan siswa Indonesia tidak signifikan. Salah satunya adalah desain pembelajaran unit tersebut tidak secara khusus berfokus pada pengembangan keterampilan dasar: membaca, menulis, matematika, dan sains. Contoh lainnya adalah mata pelajaran fisika yang fokus pada penguasaan rumus, rumus, dan teori fisika dibandingkan penggunaan keterampilan berhitung dalam kehidupan sehari-hari (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2020). Ini berarti efisiensi membaca dan menulis siswa rendah, rata-rata 32% di semua bidang, termasuk 29% untuk konten, 34% untuk proses, dan 32% untuk konteks. Adanya perbedaan yang relatif kecil antar provinsi dalam tingkat literasi akademik siswa Indonesia (Permanasari, 2016). Untuk meningkatkan literasi sains, matematika pada peserta didik diperlukan sebuah pendekatan yang berfokus pada aspek tersebut salah satunya yaitu pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

Pendekatan STEM secara alami mengembangkan keterampilan-keterampilan berpikir kreatif, berkolaborasi dalam tim, dan menerapkan pengetahuan dalam situasi dunia nyata. Penerapan ilmu pengetahuan banyak dijumpai pada produk-produk teknologi. Di sisi lain, ilmu pengetahuan juga dapat ditemukan melalui penciptaan produk-produk teknologi. Beberapa temuan penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran sains dalam konteks teknologi dan desain dapat meningkatkan literasi sains. Siswa dapat belajar lebih banyak tentang pentingnya ilmu pengetahuan dalam perkembangan teknologi dan sebaliknya. Peserta didik yang terlibat dalam pendekatan STEM cenderung sesuai dengan fokus PISA pada keterampilan abad -21 yang penuh tantangan. Pembelajaran yang dikaitkan dengan STEM memberikan kesempatan pada peserta didik untuk memahami konsep fisika dipadukan dengan teknologi, *engineering* dan matematika. Bahkan, di Negara Amerika selama masa pemerintahan Obama memprioritaskan perbaikan dalam pendidikan STEM (LaForce et al., 2016).

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan di SMA Swasta PAB 8 SAENTIS salah satu sekolah di Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Sekolah ini menawarkan siswa berbagai pilihan dukungan pendidikan mulai dari memiliki laboratorium komputer, kurikulum yang diterapkan, akses internet, dan semua siswa diberi izin membawa ponsel pintar untuk dibawa ke sekolah dalam kegiatan pembelajaran. Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu guru fisika SMA Swasta PAB 8 Sentis, pembelajaran fisika di kelas masih bersifat tradisional, guru mengajarkan materi dengan cara

ceramah kemudian siswa mencatat dan bertanya. Dalam pembelajaran fisika, siswa lemah dalam matematis dan kurangnya kemampuan ilmiah siswa sehingga sulit memahami mata pelajaran.

Menanggapi permasalahan yang diuraikan, maka peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan *E-modul* Berbasis STEM dengan Menggunakan Aplikasi Sigil pada materi Pemanasan Global di Kelas X SMAS PAB 8 SAENTIS”. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana kelayakan, keefektifan dan kepraktisan *e-modul* fisika berbasis STEM pada materi pemanasan global di kelas X SMA. Dengan tujuan untuk mengetahui kelayakan, keefektifan dan kepraktisan dari *e-modul* fisika yang dikembangkan.

2. Metode

Studi ini dilakukan di SMA Swasta PAB 8 SAENTIS, yang berlokasi di Jl. Serayu Dusun 16, Saentis, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, dilakukan pada kelas X Semester Genap T.A 2023/2024. Penelitian ini melibatkan semua siswa di kelas X, yang terdiri dari lima kelas, dan sampelnya adalah 32 siswa dari kelas X-3, yang diambil menggunakan teknik pengambilan sampel purposif.

Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (R&D), menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahapan: analisis, desain, pengembangan, pelaksanaan, dan evaluasi. Pada tahap *analysis*, dilakukan analisis kebutuhan penelitian berupa wawancara, analisis kebutuhan peserta didik, ketersediaan bahan ajar. Selanjutnya pada tahap *design* dilakukan tahapan rancangan yaitu dengan membuat *story board* dari *e-modul* yang akan dikembangkan. Pada tahap *develop*, dilakukan validasi kepada ahli materi maupun media, Pada tahap *Implement* melakukan uji coba produk. Pada tahap terakhir yaitu *Evaluation* melakukan evaluasi terhadap produk yang dirancang.

Analisis data uji kelayakan yaitu menggunakan analisis skala Likert. Adapun kriteria instrumen skala Likert yaitu dilihat dari Tabel 1. berikut:

Tabel 1. Kriteria Kelayakan E-modul

| No | Rata-Rata | Kriteria Kelayakan |
|----|-----------|--|
| 1 | 3.26-4.00 | Sangat layak |
| 2 | 2.51-3.25 | Layak |
| 3 | 1.76-2.50 | Kurang layak, perlu direvisi |
| 4 | 1.00-1.75 | Sangat tidak layak, perlu revisi total |

Guna menghitung tingkat kelayakan yaitu dengan rumus berikut:

$$P = \frac{\sum x}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Presentasi Kategori

$\sum x$ = Jumlah jawaban yang dipilih

N = Total skor

Analisis data uji kepraktisan berdasarkan respon guru menggunakan analisis skala Likert.

Adapun kriteria instrumen skala Likert yaitu pada Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Kriteria Skor Angket Respon Guru

| No | Rata-Rata | Kriteria Kelayakan |
|----|-----------|---------------------------------------|
| 1 | 3.26-4.00 | Sangat baik |
| 2 | 2.51-3.25 | Baik |
| 3 | 1.76-2.50 | Kurang baik, perlu direvisi |
| 4 | 1.00-1.75 | Sangat tidak baik, perlu revisi total |

Selanjutnya, setelah mendapatkan hasil rata-rata dari setiap aspek yang dinilai terhadap respon guru, akan diperoleh hasil dalam bentuk persen untuk mengetahui tingkat kepuasan responden terhadap penggunaan *e-modul*. Berikut tabel persentase tingkat kepuasan responden.

Tabel 3. Persentase Tingkat Kepuasan Responden (Guru)

| No | Persentase Tingkat Kepuasan | Kriteria |
|----|-----------------------------|------------------|
| 1 | 31%-45% | Tidak memuaskan |
| 2 | 46%-60% | Kurang memuaskan |
| 3 | 61%-75% | Cukup memuaskan |
| 4 | 76%-85% | Memuaskan |
| 5 | 86%-100% | Sangat memuaskan |

Analisis data uji kepraktisan peserta didik menggunakan analisis skala *Guttman*. Adapun kriteria instrumen skala *Guttman* yaitu pada Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Kriteria Jawaban Instrumen dengan Skala *Guttman*

| No | Jawaban | Skor |
|----|---------|------|
| 1 | Ya | 1 |
| 2 | Tidak | 0 |

Dengan perhitungan skor masing-masing pertanyaan, kemudian dicari persentasi jawaban keseluruhan tanggapan respon peserta didik dengan rumus:

$$P = \frac{f}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase kategori

f = Frekuensi persentase (sampel yang memberi jawaban “ya”)

N = Jumlah sampel

Selanjutnya, akan diperoleh hasil akhir dalam bentuk persen. Persentase tersebut ditafsirkan dalam kalimat yang bersifat kualitatif seperti pada Tabel 5. berikut:

Tabel 5. Skala Persentase Kemenarikan Kriteria

| Skala | Kriteria |
|------------|----------------------|
| 81% - 100% | Sangat Menarik |
| 61% - 80% | Menarik |
| 41% - 60% | Cukup Menarik |
| 21% - 40% | Kurang Menarik |
| 0% - 20% | Sangat Tidak Menarik |

Analisis data uji keefektifan yaitu menggunakan skala Likert. Adapun kriteria instrumen skala likert yaitu pada Tabel 6. Berikut:

Tabel 6. Skala Klasifikasi Nilai Gain

| No | Interval | Kriteria |
|----|-----------|----------|
| 1 | 0.70-1.00 | Tinggi |
| 2 | 0.30-0.69 | Sedang |
| 3 | 0.00-0.29 | Rendah |

Indeks Gain digunakan untuk mengukur peningkatan kemampuan belajar siswa dengan melakukan *pre-test* dan *post-test*. Rata-rata dari perbedaan nilai *pre-test* dan *post-test* menunjukkan efektifitas. Nilai gain rata-rata (\bar{g}) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$(\bar{g}) = \frac{S_f - S_i}{S_m - S_i}$$

Keterangan:

S_f = Skor *post-test*

S_i = Skor *pre-test*

S_m = Skor maksimum

Model pengembangan ADDIE (analisis, desain, pengembangan, penerapan, dan evaluasi) digunakan untuk mengembangkan e-modul ini. Secara keseluruhan, hasil dari langkah-langkah ini dapat digambarkan sebagai berikut:

2.1 Tahap *Analysis* (Analisis)

Pada tahap *analysis*, peneliti melaksanakan identifikasi permasalahan yang ada di SMA Swasta PAB 8 SAENTIS pada pembelajaran fisika. Kegiatan penelitian pada tahap analisis yaitu 1) analisis kondisi I dan II peserta didik, 2) analisis kebutuhan bahan ajar, 3) analisis karakteristik peserta didik, dan 4) analisis mata pembelajaran

Analisis kebutuhan bertujuan untuk mengumpulkan informasi tentang kebutuhan pembelajaran pada pelajaran fisika. Analisis ini dilakukan menggunakan angket yang diberikan kepada 32 peserta didik dan melakukan wawancara dengan guru mata pelajaran fisika. Pada analisis kebutuhan terhadap guru dikatakan bahwa pembelajaran fisika di SMA Swasta PAB 8 SAENTIS guru belum pernah membuat bahan ajar atau modul sendiri dengan pendekatan khusus serta pembelajaran yang masih dominan terhadap guru.

Hasil analisis peserta didik diperoleh dari angket yang diberikan kmengatakan bahwa siswa mengatakan bahwa mereka kurang berminat dalam pembelajaran fisika karena pembelajaran yang kurang menarik dan terkesan membosankan. Selanjutnya, berdasarkan temuan wawancara dengan guru, hasil karakteristik siswa menunjukkan bahwa hasil belajar siswa tidak optimal karena kurangnya minat belajar siswa.

Hasil analisis materi pembelajaran yakni pemanasan global, merupakan tantangan besar yang memerlukan upaya kolektif dan pemikiran inovatif untuk mengatasinya. Hasil presentasi

guru bidang studi menunjukkan bahwa pembuatan *e-modul* tentang topik pemanasan global menggunakan pendekatan STEM membantu siswa memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah secara menyeluruh dan menemukan solusi. Selanjutnya, untuk analisis konsep, peneliti memeriksa materi dan kurikulum sekolah. Hasil analisis konsep menunjukkan bahwa kurikulum sekolah adalah kurikulum merdeka.

Bahan ajar yang menarik diperlukan, menurut survei kebutuhan guru dan siswa. Sehingga peneliti mengembangkan sebuah *e-modul* fisika berbasis STEM untuk membantu siswa dalam memahami materi serta siswa dapat terlibat secara langsung pada pembelajaran dengan belajar individu menggunakan *e-modul*. Dengan memilih materi pemanasan global yang menyesuaikan dengan kurikulum merdeka.

2.2 Tahap *Design* (Perancangan)

Tahap *design* adalah tahapan terbentuknya rancangan bahan ajar interaktif berupa *e-modul* yang akan dikembangkan dari analisis sebelumnya dan merancang media yang cocok diaplikasikan dalam mengakses *e-modul*. Adapun tahapan rancangan produk yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

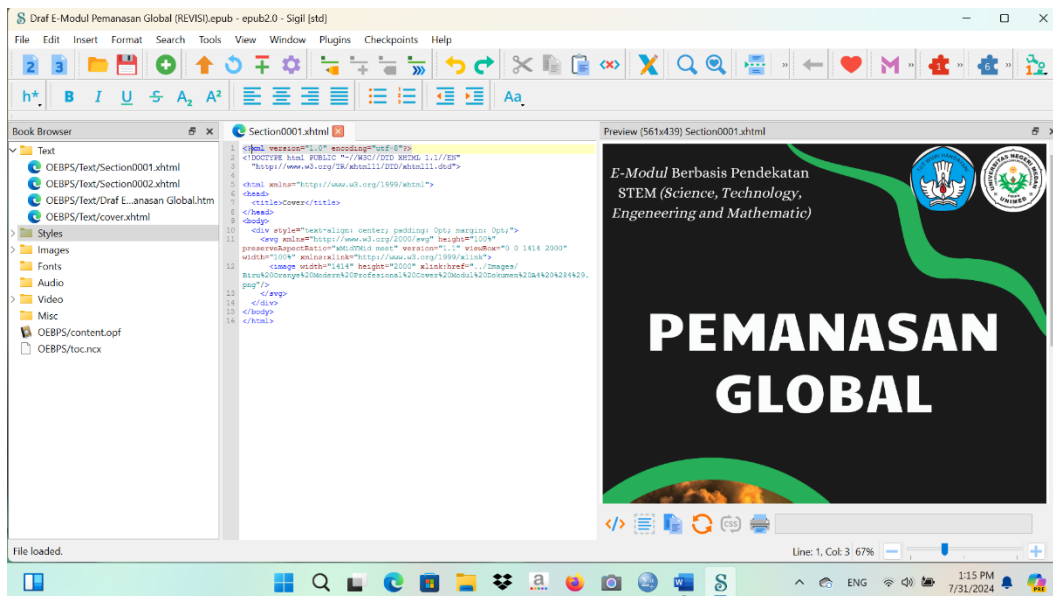
1. Teknik Penyajian Materi

Materi yang akan dikembangkan yakni materi kelas X semester II yaitu materi pemanasan global. Penyusunan materi dimulai dari mencari materi referensi materi pemanasan global dari berbagai sumber yang sesuai dengan capaian pembelajaran dan alur tujuan pembelajaran pada kurikulum merdeka dan juga kebutuhan lainnya seperti gambar, video pembelajaran, simulasi praktikum, dan soal latihan. Materi dalam *e-modul* Pemanasan Global Berbasis Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) adalah bagian dari kurikulum bebas yang digunakan di kelas X SMA Swasta PAB 8 SAENTIS. Sumber buku dan referensi digunakan untuk menyajikan materi dalam *e-modul*. Di dalamnya ada materi tentang pemanasan global, termasuk definisinya, efek rumah kaca, penyebabnya, energi alternatif, dan solusi untuk mengatasi pemanasan global.

2. Pemilihan Aplikasi

Pada tahapan ini peneliti memilih aplikasi yang akan digunakan dalam mengembangkan *e-modul*. Aplikasi *sigil* yang dapat dimuat dalam *link* yang mudah diakses oleh guru dan siswa

menggunakan *smartphone* maupun laptop. Pemilihan aplikasi sigil ini dikarenakan penggunaan yang praktis, dapat memuat video, *link*, serta dapat digunakan secara offline.

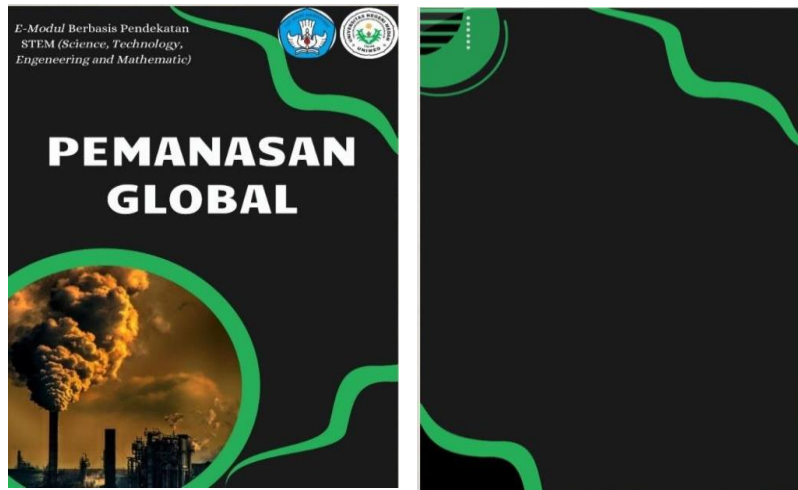


Gambar 1. Tampilan Aplikasi Sigil

Gambar 1. menunjukkan tampilan dari aplikasi sigil. Aplikasi ini digunakan untuk mengubah sebuah modul agar berbentuk elektronik. Penggunaan aplikasi sigil mudah karena dilengkapi navigasi halaman dengan ikon untuk berpindah halaman sehingga memudahkan pengguna untuk membaca dan untuk akses video dan link sangat mudah.

2.3 Tahap *Develop* (Pengembangan)

Tahapan ini merupakan terrealisasinya produk yang telah dirancang sesuai dengan tahap *design*. Setelah proses ini selesai, hasil yang diperoleh dari pembuatan *e-modul* fisika berbasis STEM tentang materi pemanasan global akan divalidasi oleh dosen, ahli materi, ahli media, dan guru. Modul fisika berbasis STEM ini dibuat dengan beberapa aplikasi dan hasilnya adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Tampilan Cover Depan dan Belakang E-modul

Pada Gambar 2. merupakan tampilan awal dan akhir *e-modul* yang menampilkan judul materi dan gambar yang berkaitan dengan isi materi.

B. Penyebab Pemanasan Global

Science and Mathematic

1. Negara Terbesar Penyumbang Gas Rumah Kaca

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencatat pengundulan hutan (deforestasi) netto di Indonesia pada periode 2021-2022 sebanyak 104 ribu hektar (Ha), turun 8,4% dibandingkan hasil pemantauan pada tahun 2020-2021 sebanyak 113,5 hektare (Ha). Penebangan hutan di Indonesia masih meningkat karena banyak hutan yang diubah menjadi perkebunan kelapa sawit. Penebangan hutan terjadi karena harga jual atau tingginya harga minyak kelapa sawit di pasaran dunia. Data terbaru tahun 2021, Indonesia menempati posisi ke-6 sebagai penyumbang emisi karbon ke bumi. Berikut Tabel 1.1 Daftar 10 negara penghasil karbon terbesar di dunia.

Tabel 1.1 Daftar 10 Negara Emisi Karbon terbesar di Dunia

| No | Negara | Emisi Karbon (MtCO ₂ e) | Emisi Karbon per Kapita (tCO ₂ e) |
|-----|-----------------------------|------------------------------------|--|
| 1. | China | 10.684,29 | 6,68 |
| 2. | Amerika Serikat | 5.822,87 | 14,98 |
| 3. | Uni Eropa (28 negara Eropa) | 5.822,87 | 6,65 |
| 4. | India | 4.122,64 | 1,57 |
| 5. | Rusia | 2.254,47 | 11,17 |
| 6. | Indonesia | 1.981 | 6,76 |
| 7. | Brasil | 1.823,15 | 6,39 |
| 8. | Jepang | 1.207,30 | 8,72 |
| 9. | Kanada | 856,28 | 19,24 |
| 10. | Jerman | 810,25 | 8,67 |

2. Bidang Energi dan Industri

a. Peran energi Dalam Kehidupan


Aspek kehidupan dimuka bumi memerlukan energi, manusia, hewan bahkan tumbuhan dalam kehidupan selalu membutuhkan energi. Manusia membutuhkan listrik sebagai sumber penerangan,

D. Usaha Megurangi Pemanasan Global

1. Membatasi emisi

QR KODE

Berikut cara untuk mengatasi pemanasan global yang dapat anda terapkan dalam kehidupan sehari-hari.



Atau anda dapat mengakses melalui link berikut:
https://youtu.be/Z8pkAzR0lpA?si=n9MYjr-D_qH5Wd65

Karbon dioksida atau CO₂ merupakan penghasil gas rumah kaca terbanyak. Oleh karena itu kita harus mencari sumber alternatif agar penggunaannya tidak terlalu banyak. Seperti menggunakan pembangkit listrik tenaga angin, air, nuklir dan penggunaan panel surya serta menggunakan alat-alat elektronik rendah emisi karbon dioksida. Jika memang belum ada energi alternatif, maka gunakanlah dengan bijak dan seperlunya saja, seperti penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak dan hemat menggunakan listrik.

2. Menanam Lebih Banyak Pohon


Pohon adalah sahabat terbaik dalam menangani emisi karbon dioksida yang berlebih di atmosfer. Kemampuan pohon menyerap dan menyimpan karbon dioksida sangatlah luar biasa. Tetapi ketika ditebang atau mati, pohon akan melepaskan kembali karbon dioksida yang telah diserapnya. Maka dari itu, penebangan pohon yang tak terkendali menjadi salah satu

E. Energi Alternatif

Penggunaan sumber energi alternatif sangat membantu mengurangi populasi lingkungan berupa emisi karbon dan tidak memberikan efek negatif pada alam. Tentunya penggunaan sumber energi alternatif juga membuka lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat, sehingga bisa membantu perkembangan ekonomi. Beberapa contoh sumber energi alternatif yang telah dikembangkan adalah energi air, energi angin, dan energi surya.

1. Energi Air

Energi air adalah sumber energi terbarukan. Energi ini dapat dimanfaatkan dan diubah menjadi listrik (Pembangkit Listrik Tenaga Air) tanpa meningkatkan emisi gas rumah kaca seperti yang dihasilkan oleh pembangkit listrik yang menggunakan tenaga fosil. Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi potensial dan kinetik air menjadi energi mekanik menggunakan turbin, kemudian diubah menjadi energi listrik menggunakan generator dengan memanfaatkan ketinggian dan kecepatan aliran air.



Gambar 3. Tampilan konsep STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) pada e-modul

Pada Gambar 3. merupakan tampilan konsep *science* pada *e-modul*, pada konsep sains peneliti mengkaji konsep-konsep materi pemanasan global dengan bantuan penjelasan video, gambar dan contoh soal. Pada tampilan konsep *engineering* pada *e-modul*, pada konsep rekayasa peneliti mengarahkan pengguna untuk melakukan praktikum materi pemanasan

global dengan bantuan simulasi Phet. konsep *mathematics* pada *e-modul*, pada konsep matematika peneliti mengarahkan pengguna untuk menganalisis hasil percobaan dan menyajikan pada sebuah tabel. Selain itu pada konsep matematika juga diterapkan pada soal evaluasi. Untuk konsep *technology* diterapkan pada penerapan materi pemanasan global pada teknologi di kehidupan sehari-hari dan diterapkan juga pada penggunaan aplikasi *e-modul* seperti video, simulasi Phet dan Quiziz.

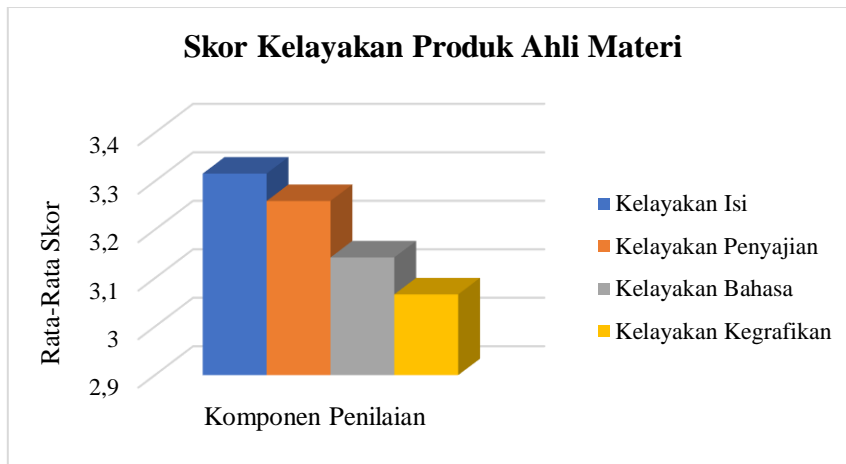
3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan *e-modul* fisika STEM pada isu pemanasan global merupakan serangkaian proses atau tindakan yang dilakukan dalam rangka menghasilkan *e-modul* fisika STEM. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang *e-modul* yang relevan, praktis dan efektif. Setelah *e-modul* selesai, prosedur verifikasi dimulai. Validasi ini diberikan kepada para ahli, atau ahli materi pelajaran, seperti:

Tabel 7. Data Hasil Validasi Ahli Materi

| No | Komponen Penilaian | Rata-Rata Skor | Kriteria Kelayakan |
|------------------------------|----------------------|----------------|--------------------|
| 1 | Kelayakan Isi | 3.31 | Sangat layak |
| 2 | Kelayakan Penyajian | 3.26 | Sangat layak |
| 3 | Kelayakan Bahasa | 3.14 | Layak |
| 4 | Kelayakan Kegrafikan | 3.07 | Layak |
| Rata-Rata Keseluruhan | | 3.20 | Layak |

Tabel 7 menunjukkan bahwa data yang diperoleh kelayakan dari ahli materi 3.20, kelayakan ahli media 3.20 Pada validasi ahli materi aspek kelayakan yang diukur diketahui bahwa (1) Aspek Kelayakan isi bernilai 3.31, (2) Aspek Kelayakan Penyajian bernilai 3.26, (3) Aspek Kelayakan Bahasa bernilai 3.14, (4) Aspek Kelayakan Kegrafikan bernilai 3.07. Dengan demikian, *e-modul* berbasis pendekatan STEM pada materi pemanasan global di kelas X dapat dikategorikan “**Layak**”. Hasil kelayakan produk dapat dilihat pada diagram batang terdapat dalam gambar berikut:

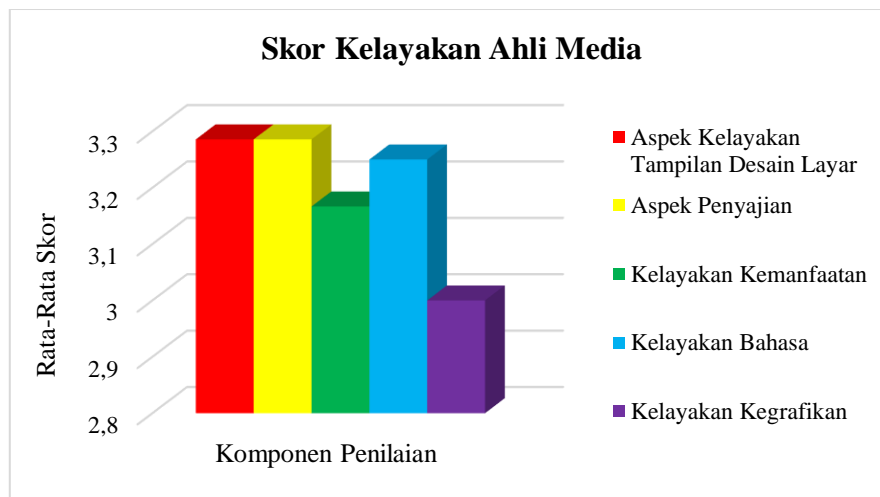


Gambar 4. Diagram Batang Validasi Ahli Materi

Tabel 8. Data Hasil Validasi Ahli Media

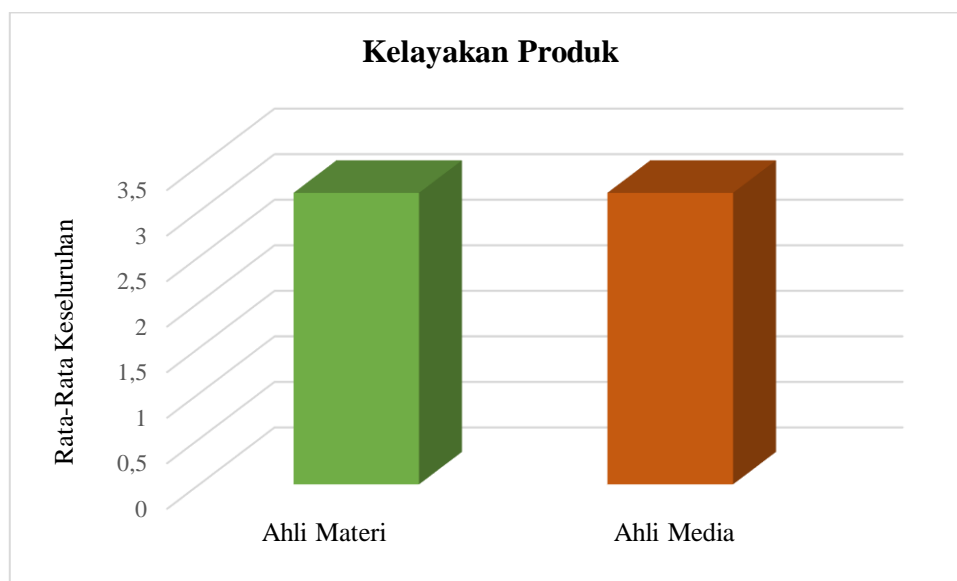
| No | Komponen Penilaian | Rata-Rata Skor | Kriteria Kelayakan |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|
| 1 | Aspek Kelayakan Tampilan Desain Layar | 3.28 | Sangat Layak |
| 2 | Kelayakan Penyajian | 3.28 | Sangat Layak |
| 3 | Kelayakan Kemanfaatan | 3.16 | Layak |
| 4 | Kelayakan Bahasa | 3.16 | Layak |
| 5 | Kelayakan Kegrafikan | 3.00 | Layak |
| Rata-Rata Keseluruhan | | 3.20 | Layak |

Pada ahli media, aspek e-modul yang divalidasi terdiri dari (1) Aspek Kelayakan tampilan desain Layar bernilai 3.28, (2) Kelayakan Penyajian bernilai 3.28, (3) Kelayakan Kemanfaatan bernilai 3.17, (4) Kelayakan Bahasa bernilai 3.25 dan Kelayakan Kegrafikan bernilai 3,00 sehingga Rata-Rata Kelayakan Media bernilai 3.20 dengan kategori “Layak”. Hasil kelayakan produk dapat dilihat pada diagram batang terdapat dalam gambar berikut:



Gambar 5. Diagram Batang Validasi Ahli Media

Adapun perbandingan hasil kelayakan produk (materi & media) berupa *e-modul* dapat dilihat pada diagram batang pada gambar berikut:



Gambar 4. Diagram Hasil Uji Kelayakan *E-modul*

Hasil menunjukkan bahwa *e-modul* fisika berbasis STEM yang dikembangkan dapat digunakan dalam pelajaran fisika. Studi menunjukkan bahwa *e-modul* yang didasarkan pada pendekatan STEM untuk materi bunyi adalah valid (Syahiddah et al., 2021). Menurut penelitian Azriyanti et al. (2024), pembuatan *e-modul* berbasis STEM dengan menggunakan flip PDF profesional tentang materi suhu dan kalor untuk SMA kelas XI adalah valid dan cocok untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Penelitian lain Tari et al. (2023) menemukan bahwa kesesuaian materi dengan STEM memiliki skor validasi 0,75 (layak), dan modul tersebut dianggap layak digunakan dalam proses pembelajaran.

Keefektifan *e-modul* diperoleh dari data hasil *pre-test* dan *post-test* peserta didik. Uji N-Gain dilaksanakan untuk mengetahui peningkatan nilai *pre-test* dan *post-test*. Berikut adalah hasil perhitungan N-Gain kelas eksperimen dan kontrol.

Tabel 9. Uji N-Gain *Pre-test* dan *Post-test*

| Kelas | Nilai | | N | Kategori |
|------------|-----------------|------------------|------|----------|
| | <i>Pre-test</i> | <i>Post-test</i> | | |
| Eksperimen | 41.43 | 64.97 | 0,40 | Sedang |
| Kontrol | 38.06 | 54.03 | 0.26 | Rendah |

Pada Tabel 9 hasil uji peningkatan menggunakan N-Gain menunjukkan rata-rata sebesar 0,40 yang berada pada kategori sedang pada kelas eksperimen. Rata-rata peningkatan N-gain kelas kontrol tanpa e-modul berbasis pendekatan STEM adalah 0,26 termasuk yang terendah. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Wati et al. (2021) yang menunjukkan bahwa nilai n-gain efektivitas e-modul pada kategori sedang sebesar 0,59. Modul suhu dan kalor berbasis sigil dengan pengetahuan lokal dinilai layak digunakan dalam pembelajaran. Peneliti Abdi et al. (2023) menunjukkan bahwa rata-rata hasil validitas *pre-test* dan *post-test* dengan uji N-gain sebesar 0,64 dengan kategori sedang. Hasil penelitiannya sejalan dengan Ritonga & Rahmatsyah (2024) efektivitas bahan berbasis CTL dapat dilihat dari nilai N gain. Nilai terukur sebesar 0,67 termasuk dalam kategori sedang. Hasil penelitian tersebut sejalan dengan (Semayang & Rahmatsyah, 2014). Rerata *pre-test* siswa sebesar 17,70 poin dan rerata *post-test* siswa setelah diberikan perlakuan sebesar 61,77 poin.

Kepraktisan e-modul diperoleh dari hasil uji coba produk. Uji coba dilakukan kepada guru dan peserta didik. Berikut akan dijabarkan hasil dari uji coba produk kepada guru.

Tabel 10. Persentase Tingkat Kepuasan Terhadap E-modul

| No | Komponen Penilaian | Persentase Tingkat Kepuasan | Kriteria |
|----|------------------------------|-----------------------------|------------------|
| 1 | Aspek Penyajian | 85.00% | Memuaskan |
| 2 | Aspek Materi | 66.67% | Cukup Memuaskan |
| 3 | Aspek Bahasa | 83.33% | Memuaskan |
| | Rata-Rata Keseluruhan | 78.33% | Memuaskan |

Adapun untuk respon peserta didik terhadap penggunaan e-modul terdiri 32 responden (peserta didik) yang telah diberikan pembelajaran menggunakan e-modul berbasis pendekatan STEM. Diberikan angket kepada peserta didik terdiri dari 4 aspek penilaian dengan 4 pernyataan terkait penggunaan e-modul. Pilihan jawaban untuk angket respon peserta didik menggunakan skala Guttman dengan pilihan jawaban ya dan tidak. Adapun hasil analisis respon peserta didik terhadap e-modul yang dikembangkan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut. Adapun hasil analisis respon peserta didik terhadap e-modul yang dikembangkan dapat dilihat pada tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Analisis Angket Respon Peserta Didik

| No | Aspek | Persentasi | Kriteria |
|----|------------------------------|---------------|----------------|
| 1 | Format | 81.30% | Sangat Menarik |
| 2 | Kemenarikan | 75.00% | Menarik |
| 3 | Percaya Diri | 82.00% | Sangat Menarik |
| 4 | Ketertarikan | 71.89% | Menarik |
| | Rata-Rata Keseluruhan | 77.50% | Menarik |

Uji coba kelompok kecil dengan kategori sangat praktis, sedangkan uji coba kelompok besar dengan kategori sangat praktis. Menurut Iskariyana & Ningsih (2021) ini menunjukkan bahwa e-modul yang menggunakan pendekatan STEM berbasis software sigil dapat digunakan sebagai materi pelajaran. Menurut penelitian Jumaniar et al. (2024) e-modul memiliki tingkat respons siswa yang sangat positif dengan skor 95%. Ini menunjukkan bahwa e-modul dapat membantu siswa memperkuat keterampilan proses sains mereka. Berdasarkan data angket yang sudah diperoleh, e-modul berbasis STEM pada materi pemanasan global memperoleh respons yang baik, dengan skor rata-rata 3,20 dan tingkat keefektifan 0,40, yang merupakan kategori sedang/efektif. Berdasarkan data ini, e-modul yang dikembangkan memperoleh skor rata-rata 77,50%.

Tujuan pengembangan e-modul ini adalah untuk membuat e-modul fisika berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) tentang topik pemanasan global yang dapat digunakan saat belajar di mana pun. Ini sejalan dengan gagasan bahwa e-modul berbasis STEM bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran dan membantu peserta didik dalam proses pembelajaran, sehingga meningkatkan minat dan motivasi peserta didik.

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena menggunakan aplikasi sigil yang dapat digunakan pada setiap jenis smartphone dan komputer. Setelah itu, e-modul yang telah dibuat dapat diakses secara offline dan gratis tanpa iklan.

4. Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) E-modul fisika berbasis STEM pada materi pemanasan global yang dikembangkan layak. Kelayakan e-modul dinilai berdasarkan hasil validasi ahli materi dan ahli media; 2) E-modul fisika berbasis STEM pada materi pemanasan global yang dikembangkan efektif; dan 3) E-modul fisika berbasis STEM pada materi

pemanasan global yang dikembangkan praktis. Kepraktisan e-modul didasarkan pada hasil instrumen yang digunakan untuk menentukan seberapa praktis e-modul.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian jurnal ini. Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Rahmatsyah, M.Si, atas dukungan dan rekomendasinya dalam melaksanakan penelitian ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada pihak sekolah yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat, baik secara individu maupun kolektif. Jelas bagi redaksi bahwa kesuksesan surat kabar ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Kami berharap Tuhan Yang Maha Esa akan memberikan keadilan atas apa yang telah diberikan.

Daftar Pustaka

- Abdi, A., Aristya, P. D., & Budiarmo, A. S. (2023). Pengembangan Modul Flipbook Digital Berbasis STEM Materi Sistem Pencernaan Manusia untuk Meningkatkan Literasi Sains. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 57–66. <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i1.294>
- Azriyanti, R., Hendri, M., & Rasmi, D. P. (2024). Development of STEM-based E-Modules using Flip PDF Professional on Temperature and Heat Materil. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1), 23–37. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v9i1.28981>
- Iskariyana, I., & Ningsih, P. R. (2021). Pengembangan E-Modul Dengan Pendekatan STEAM Berbasis Sigil Software Mata Pelajaran Administrasi Sistem Jaringan Kelas XI TKJ. *Jurnal Ilmiah Edutic: Pendidikan Dan Informatika*, 8(1), 39–50. <https://doi.org/10.21107/edutic.v8i1.12333>
- Jumaniar, J., Rusdianto, R., & Ahmad, N. (2024). Pengembangan E-Modul Berbantuan Flip Pdf Professional untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP. *Jurnal Basicedu*, 8(2), 1094–1104. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i2.7232>
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2020). Rencana Strategis Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan 2020-2024. In *Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan*.

- LaForce, M., Noble, E., King, H., Century, J., Blackwell, C., Holt, S., Ibrahim, A., & Loo, S. (2016). The eight essential elements of inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0054-z>
- Mudarwan, M. (2018). Penggunaan Model Pembelajaran Flipped Classroom dengan Moodle Sebagai Implementasi dari Blended Learning. *Jurnal Pendidikan Penabur*, 17, 13–23.
- Permanasari, A. (2016). STEM Education: Inovasi dalam Pembelajaran Sains. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS)*, 23–34.
- Ritonga, F. A., & Rahmatsyah, R. (2024). Development of Physics Teaching Materials on Rectilinear Motion Material Using the Contextual Teaching Learning Model. *Journal of Indonesian Science Teachers*, 2(2), 69–78. <https://jist.ejournal.unri.ac.id/index.php/JIST>*CorrespondentAuthor<https://jist.ejournal.unri.ac.id/index.php/JIST>
- Semayang, A., & Rahmatsyah, R. (2014). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Menggunakan Media Mind Map Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Cahaya Di Kelas VIII SMP Negeri 1 Pantai Cermin. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika (INPAFI)*, 2(4), 102–112.
- Syahiddah, D. S., Putra, P. D. A., & Supriadi, B. (2021). Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) pada Materi Bunyi di SMA/MA. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika (JLPF)*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.30872/jlpf.v2i1.438>
- Tari, F. A., Suwarma, I. R., & Hasanah, L. (2023). Development Module of Global Warming Issue to Train Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Literacy. *Journal of Innovative Science Education*, 12(2), 141–154. <https://doi.org/10.15294/jise.v12i2.70525>
- Wati, M., Apriani, R., Misbah, M., Miriam, S., & Mahtari, S. (2021). Pengembangan E-modul Suhu dan Kalor Bermuatan Kearifan Lokal Melalui Aplikasi Sigil. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 8(1), 112–121. <https://doi.org/10.36706/jipf.v8i1.11107>