

## Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* Bependekatan STEM Untuk Memfasilitasi Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik Berkebutuhan Khusus

Hani Okta Danianti<sup>1</sup>, Dwi Yulianti<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi S1 Pendidikan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Semarang,  
Sekaran, Gunungpati, Semarang

Email : [hanioktadanianti0610@gmail.com](mailto:hanioktadanianti0610@gmail.com) dan [yul\\_ah@mail.unnes.ac.id](mailto:yul_ah@mail.unnes.ac.id)

**Abstract:** This study aims to develop teaching materials on the topic of global warming based on Problem-Based Learning with a STEM approach to facilitate problem-solving skills in students with special needs. The study seeks to identify the characteristics, test the feasibility, and measure the effectiveness of the developed teaching materials. The research employs a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model. The research instruments consist of a feasibility assessment sheet, a problem-solving test, and a student response questionnaire. The characteristics of the developed teaching materials present content and exercises based on Problem-Based Learning with a STEM approach, specifically designed to help students with special needs enhance their problem-solving abilities. The results of the study show that the teaching materials are in the "highly feasible" category with a feasibility score of 88%, and they can improve the problem-solving skills of students with special needs, as indicated by the trial implementation results, between the pretest and posttest scores. Based on the research conducted, it can be concluded that the global warming teaching materials based on Problem-Based Learning with a STEM approach are feasible, effective, and practical for use in the learning process and can facilitate the problem-solving skills of students with special needs.

**Keywords:** Teaching materials, Problem-Based Learning (PBL), STEM, Problem-solving skills, Students with special needs

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan mengembangkan bahan ajar materi pemanasan global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM untuk memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus. Tujuan lain untuk mengetahui karakteristik, menguji kelayakan, dan mengukur efektivitas bahan ajar yang dikembangkan. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE. Instrumen penelitian terdiri atas lembar Uji Kelayakan, tes pemecahan masalah, dan angket respons siswa. Karakteristik bahan ajar yang dikembangkan menyajikan materi dan soal berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM yang mencakup materi dan latihan soal yang secara khusus dirancang untuk membantu peserta didik berkebutuhan khusus dalam mengembangkan kemampuan pemecahan masalah. Hasil penelitian menunjukkan bahan ajar berada dalam kategori sangat layak dan dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh simpulan bahwa bahan ajar pemanasan global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM layak, efektif, dan praktis digunakan dalam proses pembelajaran serta dapat memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus

**Kata kunci:** Bahan Ajar, Problem Based Learning, STEM, Kemampuan Pemecahan Masalah, Anak Berkebutuhan Khusus

## **1. PENDAHULUAN**

Peraturan Perundang-Undangan yang berlaku di Indonesia pada UUD 1945 Pasal 28H ayat (2) menyebutkan bahwa setiap orang berhak mendapat kemudahan dan perlakuan khusus untuk memperoleh kesempatan dan manfaat yang sama guna mencapai persamaan dan keadilan. Pemerintah mengeluarkan kebijakan tentang pendidikan berkebutuhan khusus bagi peserta didik berkebutuhan khusus yang diatur dalam Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, Bab IV Pasal 5 ayat 2, 3, dan 4 dan Pasal 32. Pendidikan khusus merupakan pendidikan untuk peserta didik yang berkelainan (fisik, emosional, mental, intelektual, dan/atau sosial) atau peserta didik yang memiliki kecerdasan luar biasa yang diselenggarakan secara berkebutuhan khusus, baik pada tingkat dasar maupun menengah.

Pada dasarnya, peserta didik berkebutuhan khusus sama seperti peserta didik regular yang membutuhkan perhatian dan pendidikan yang layak. Peserta didik tidak selalu lamban dalam belajar (*slow learner*), tetapi peserta didik juga memiliki kecepatan menyerap ilmu yang diberikan guru (*fast learner*). Peserta didik memiliki fisik secara normal tetapi mengalami kesulitan kesulitan signifikan baik dalam kurangnya perhatian maupun *hiperaktif-impulsif*. Gangguan ini memiliki potensi untuk menghambat perkembangan anak dalam aspek kognitif, perilaku, sosialisasi, dan komunikasi (Dort et al., 2020; DuPaul et al., 2020).

Salah satu kendala lainnya adalah sikap peserta didik yang belum siap mengikuti proses pembelajaran, perangkat pembelajaran yang kurang mendukung bagi peserta didik, peserta didik mengalami kesulitan mengikuti materi pembelajaran. Akibatnya, peserta didik cenderung pasif dalam menerima pembelajaran di kelas dan kesulitan mengingat kembali materi saat melaksanakan ujian. Hal ini diperlukan kerjasama antar pendidik dan orang tua untuk memahami dan memberikan perhatian kepada anak berkebutuhan khusus (Hamidaturrohmah & Mulyani, 2020).

Pembelajaran fisika bermakna bagi peserta didik apabila terlibat aktif dalam proses mengamati, memahami, dan memanfaatkan gejala-gejala alam yang ada di lingkungan sekitar. Ilmu fisika mempelajari tentang sifat dan fenomena atau gejala alam sekaligus interaksi menyeluruh yang terjadi di dalamnya. Salah satu kemampuan yang dapat dikembangkan melalui interaksi tersebut adalah kemampuan pemecahan masalah (Hardianti et al., 2020).

Pengembangan kemampuan pemecahan masalah dapat melatih peserta didik dalam menganalisis permasalahan, menguraikan hingga menemukan gagasan-gagasan dalam pemecahan masalah (Annur & Hermansyah, 2020). Peserta didik diharapkan memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengatasi masalah atau tantangan yang muncul mencakup berbagai kemampuan kognitif, strategi, dan sikap mental yang diperlukan untuk mengatasi tantangan atau hambatan yang dihadapi dalam berbagai konteks (Harizon et al., 2023). Kemampuan pemecahan masalah melibatkan beberapa langkah, termasuk pemahaman masalah, pengumpulan informasi relevan, analisis situasi, pengembangan solusi, dan implementasi tindakan.

Pendidik sebagai fasilitator yang menyediakan sumber belajar peserta didik memberikan alternatif yang menarik dan efektif untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran. Usaha peningkatan pemecahan masalah dapat dilakukan dengan mengembangkan bahan ajar yang dengan indikator kemampuan pemecahan masalah (González-Pérez & Ramírez-Montoya, 2022). Pada kenyataannya bahan ajar untuk peserta didik masih terdapat kekurangan seperti materi pada bahan ajar yang diberikan pemerintah masih sangat umum contohnya pada konsep pemanasan global, kurangnya asesmen yang dapat melatih keterampilan peserta didik, dan

refleksi peserta didik (Aegustinawati & Sunarya, 2023). Sehingga, pendidik menggunakan bahan ajar pribadi di dalam proses pembelajaran.

Dalam menghadapi perkembangan zaman, bahan ajar untuk membantu peserta didik memahami materi beserta aplikasinya dalam teknologi sehingga peserta didik dapat menguasai kompetensi literasi, saintifik, dan berawasan luas. Inovasi pembelajaran sangatlah diperlukan, terutama di Era Revolusi Industri 4.0. dalam dunia pendidikan, bahan ajar menggunakan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan berbasis STEM mampu melatih kemampuan kognitif, kemampuan pemecahan masalah, kemampuan mendesain, memanfaatkan teknologi, dan mengaplikasikan pengetahuan yang dimiliki peserta didik kedalam kehidupan sehari – hari. Penggabungan bahan ajar antara berbasis 3 *Problem Based Learning* dan berpendekatan STEM aktivitas pembelajaran peserta didik akan meningkat dan peserta didik dapat berpikir secara kritis serta dapat mengembangkan kemampuan pemecahan masalah.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di beberapa SMA yang ada di Kota Semarang tahun ajaran 2023/2024 menunjukkan bahwa di beberapa sekolah terdapat peserta didik berkebutuhan khusus. Peserta didik dari SMA Negeri 3 Semarang, SMA Negeri 12 Semarang, SMA Negeri 8 Semarang, dan SMA Negeri 15 Semarang. Peserta didik berkebutuhan khusus yang ada memiliki keterbelakangan emosional, mental, dan sosial, atau memiliki potensi kecerdasan dan atau bakat istimewa untuk memperoleh pendidikan yang bermutu sesuai dengan kebutuhan dan kemampuannya. Peserta didik membutuhkan pendidikan yang layak dan setara untuk mencapai potensi penuh. Meskipun demikian, diperlukan pengembangan lebih lanjut pada fasilitas seperti perangkat pembelajaran di sekolah agar dapat menciptakan lingkungan pembelajaran yang optimal. Perangkat ajar antara peserta didik *Regular* dan peserta didik berkebutuhan khusus masih sama. Pendidik kesulitan dalam menyusun media yang mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus.

Solusi untuk menjawab tantangan ini, diperlukan solusi inovatif seperti bahan ajar untuk berkebutuhan khusus. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah menyertakan materi pembelajaran yang mencakup STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menjadi sangat penting untuk menjaga daya saing di era global. Pembelajaran berbasis STEM melatih peserta didik berkebutuhan khusus berpikir ilmiah, logis, kreatif, dan disiplin, terutama ketika dihadapkan dengan masalah yang harus dipecahkan. Materi Fisika dipadukan isu-isu aktual seperti pemanasan global, peserta didik dapat lebih terlibat dan memahami konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini tidak hanya meningkatkan pemahaman tentang materi, tetapi juga memotivasi. Hal ini sesuai dengan pendapat (Maula & Yulianti, 2023) dalam proses pembelajaran yang efektif untuk menganalisis dan meningkatkan keterampilan belajar Abad ke-21 peserta didik, salah satu keterampilan yang dibutuhkan Abad ke-21 adalah kemampuan pemecahan masalah, khususnya melalui pembelajaran berbasis STEM yang diterapkan dalam model *Problem Based Learning*. Pendekatan ini, diharapkan peserta didik dapat lebih mudah beradaptasi dengan tuntutan pembelajaran jarak jauh, serta mengembangkan keterampilan yang relevan dengan kebutuhan masa depan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji kelayakan bahan ajar pemanasan global berbasis *Problem Based Learning* dengan pendekatan STEM, serta mengetahui efektivitasnya dalam memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan desain pengembangan ADDIE, yang mencakup tahap analisis, desain, pengembangan, dan implementasi. Fokus penelitian adalah pengembangan bahan ajar fisika tentang pemanasan global berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus. Produk bahan ajar ini diuji dengan desain eksperimen *One-Group Pretest-Posttest* untuk mengukur efektivitasnya, menggunakan angket untuk validasi dan tes uraian untuk evaluasi hasil pembelajaran.

Subjek penelitian adalah sepuluh peserta didik kelas X berkebutuhan khusus di SMA Negeri 3, 8, 12, 15 Semarang. Instrumen tes *pretest* dan *posttest* divalidasi dengan rata-rata kevalidan 92%, menunjukkan bahwa instrumen ini sangat valid. Analisis data menggunakan metode non-parametrik Wilcoxon untuk mengukur perbedaan kemampuan pemecahan masalah sebelum dan setelah pembelajaran (Sugiyono, 2012). Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kemampuan peserta didik, membuktikan bahwa bahan ajar ini efektif untuk mendukung pembelajaran inklusif pada materi pemanasan global.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji kelayakan oleh empat ahli menunjukkan bahan ajar ini "sangat layak" dengan skor rata-rata 88%. Aspek yang dinilai meliputi isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafikan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Uji Kelayakan Per Aspek Bahan Ajar

No	Aspek	Presentase	Kriteria
1	Kelayakan Isi	88%	Sangat Layak
2	Kelayakan Penyajian	92%	Sangat Layak
3	Kelayakan Kebahasaan	85%	Sangat Layak
4	Kelayakan Kegrafikan	81%	Layak
Rata-rata		88%	Sangat Layak

Aspek kelayakan isi bahan ajar Pemanasan Global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM dapat dilihat dari indikator kesesuaian materi, keakuratan materi, pengintegrasian *Problem Based Learning* berpendekatan STEM, dan pengintegrasian kemampuan pemecahan masalah. Hasil uji aspek kelayakan isi bahan ajar Pemanasan Global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM oleh ahli materi ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Validasi Kelayakan Aspek Kelayakan Isi

No	Aspek	Presentase	Kriteria
1	Kesesuaian Materi	81%	Layak
2	Keakuratan Materi	88%	Sangat Layak
3	Pengintegrasian PBL Berpendekataan STEM	88%	Sangat Layak
4	Pengintegrasian Keterampilan Pemecahan Masalah	94%	Sangat Layak
Rata-rata		87%	Sangat Layak

Uji kelayakan aspek penyajian pada bahan ajar Pemanasan Global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM menggunakan beberapa indikator yaitu teknik penyajian,

penyajian pembelajaran, dan kelengkapan penyajian. Hasil uji aspek kelayakan penyajian bahan ajar berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM oleh ahli materi ditunjukkan pada Tabel 3

**Tabel 3.** Hasil Validasi Kelayakan Bahan Ajar Aspek Kelayakan Penyajian

No	Aspek	Presentase	Kriteria
1	Teknik Penyajian	84%	Sangat Layak
2	Penyajian Pembelajaran	89%	Sangat Layak
3	Kelengkapan Penyajian	100%	Sangat Layak
Rata-rata		92%	Sangat Layak

Uji kelayakan aspek kebahasaan bahan ajar Pemanasan Global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM untuk melihat kesesuaian dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar. Hasil uji aspek kelayakan kebahasaan bahan ajar Pemanasan Global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM oleh ahli materi ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Uji Kelayakan Bahan Ajar Aspek Kelayakan Kebahasaan

No	Aspek	Presentase	Kriteria
1	Keterbacaan	84%	Layak
2	Kesesuaian dengan KBBI	88%	Sangat Layak
Rata-rata		85%	Sangat Layak

Uji kelayakan aspek kegrafikan pada bahan ajar Pemanasan Global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM dilihat dari kelayakan ukuran/format bahan ajar dan desain *cover*. Hasil uji aspek kelayakan kegrafikan bahan ajar Pemanasan Global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM oleh ahli materi ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Uji Kelayakan Bahan Ajar Aspek Kelayakan Kegrafikan

No	Aspek	Presentase	Kriteria
1	Ukuran/Format bahan ajar	81%	Layak
2	Desain Cover	81%	Layak
Rata-rata		81%	Layak

Sumber belajar peserta didik berkebutuhan khusus secara mandiri sebagai pendukung sangat diperlukan dalam proses pembelajaran. Salah satu sumber belajar peserta didik berkebutuhan khusus secara mandiri adalah bahan ajar. Peran bahan ajar dalam pembelajaran sebagai sumber belajar yang membantu pendidik mengarahkan semua kegiatan pembelajaran (Magdalena *et al.*, 2020). Sedangkan bahan ajar bagi peserta didik sebagai pedoman proses pembelajaran diberikan oleh pendidik yang dapat meningkatkan keaktifan peserta didik. Oleh karena itu, proses penyusunan bahan ajar perlu diuji tingkat kelayakannya. Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* Berpendekatan STEM diuji kelayakan oleh 4 orang ahli yakni 2 dosen Jurusan Fisika UNNES dan 2 pendidik mata pelajaran fisika di SMA 8 Semarang dan di SMA 15 Semarang. Hasil analisis menunjukkan bahwa bahan ajar sangat layak digunakan dan dapat diuji cobakan karena memperoleh skor validitas sebesar 88%. Skor

tersebut merupakan akumulasi dari beberapa aspek yang menjadi penentu kelayakan bahan ajar meliputi aspek kelayakan isi, penyajian, bahasa, dan kegrafikan. Hal tersebut dikarenakan Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* Berpendekatan STEM disusun sesuai dengan kompetensi dasar untuk kelas X semester genap materi pemanasan global pada kurikulum merdeka dan keragaman representasi peserta didik berkebutuhan khusus.

Pemilihan dan penentuan bahan ajar harus *interaktif* dan *adaptif* dapat membantu peserta didik untuk berkompetensi. Oleh karena itu bahan ajar ditentukan oleh analisis kurikulum dan sumber bahan yang digunakan agar sesuai dengan kebutuhan kompetensi dasar yang akan dicapai peserta didik (Ulfah et al., 2024). Bahan ajar yang dibuat harus disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik, termasuk peserta didik berkebutuhan khusus. Prinsip-prinsip pengembangan bahan ajar yang harus diperhatikan meliputi aspek abstrak konkret, kemudahan dalam pemahaman, sifat yang memotivasi, perhatian terhadap perbedaan individu, kontekstual, serta memberikan umpan balik yang konstruktif.

Bahan ajar yang dibuat disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik berkebutuhan khusus. Bahan ajar yang dibuat konkret, yang bertujuan untuk membuat materi pemanasan global, seperti efek gas rumah kaca, lebih mudah dipahami oleh peserta didik berkebutuhan khusus. Konsep-konsep fisika yang abstrak disajikan secara konkret melalui penggunaan ilustrasi grafis, diagram, atau simulasi sederhana. Ilustrasi ini membantu menunjukkan bagaimana gas-gas seperti karbon dioksida memerangkap panas di atmosfer. Selain itu, contoh nyata seperti perubahan cuaca ekstrem dan kenaikan permukaan air laut digunakan untuk menghubungkan materi fisika dengan fenomena sehari-hari, sehingga peserta didik berkebutuhan khusus dapat lebih mudah memahami dampak dari pemanasan global dalam kehidupan nyata.

Salah satu cara untuk meningkatkan motivasi peserta didik berkebutuhan khusus adalah dengan menyertakan dampak nyata dari pemanasan global terhadap lingkungan. Pembahasan mengenai perubahan iklim dan kerusakan lingkungan diintegrasikan ke dalam bahan ajar untuk meningkatkan kesadaran peserta didik berkebutuhan khusus akan pentingnya memahami topik ini. Selain itu, diskusi mengenai berbagai solusi, seperti penggunaan energi terbarukan untuk mengurangi dampak pemanasan global, dapat memotivasi peserta didik berkebutuhan khusus untuk berperan aktif dalam mengatasi masalah lingkungan.

Bahan ajar yang dirancang dalam konteks peserta didik berkebutuhan khusus dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip ini menjadi lebih berkebutuhan khusus dan dapat membantu semua peserta didik, tanpa terkecuali, untuk mengembangkan keamampuan yang diperlukan. Hal ini mencakup penyesuaian terhadap kemampuan belajar yang berbeda-beda, sehingga setiap peserta didik dapat mengikuti pembelajaran dengan lebih mudah dan efektif. Oleh karena itu, pemilihan bahan ajar bukan hanya tentang materi yang disampaikan, tetapi juga tentang cara penyampaian yang dapat menjangkau seluruh peserta didik, khususnya mereka yang memiliki kebutuhan khusus.

Bahan Ajar juga memperhatikan perbedaan individu dalam proses pembelajaran. Setiap peserta didik berkebutuhan khusus memiliki gaya belajar yang berbeda, sehingga bahan ajar dirancang agar *fleksibel* dan dapat diadaptasi untuk berbagai tingkat kemampuan peserta didik berkebutuhan khusus. Penggunaan berbagai media, seperti video, teks, dan eksperimen sederhana, memfasilitasi perbedaan gaya belajar.

Kontekstualisasi materi pemanasan global juga menjadi bagian penting dalam pengembangan bahan ajar. Materi disesuaikan dengan kondisi lokal, khususnya di Indonesia, di mana dampak pemanasan global dapat dilihat melalui peningkatan suhu di wilayah tropis dan kerusakan ekosistem laut. Dengan mengaitkan materi dengan lingkungan lokal, peserta

didik berkebutuhan khusus dapat lebih mudah memahami bahwa isu ini relevan dengan kehidupan mereka. Hal ini membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan bermakna bagi peserta didik berkebutuhan khusus.

Bahan Ajar terdapat umpan balik berupa *quiz interaktif* dan sesi tanya jawab digunakan sebagai metode untuk mengukur pemahaman peserta didik berkebutuhan khusus. Umpan balik yang tepat, dapat memperbaiki pemahaman peserta didik berkebutuhan khusus dan menguatkan konsep-konsep yang telah dipelajari. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih efektif.

Keakuratan materi pada bahan ajar memiliki kriteria sangat layak. Keakuratan fakta dan konsep pada bahan ajar sudah sesuai dengan fakta kehidupan sehari-hari, sehingga dalam proses belajar peserta didik berkebutuhan khusus lebih mudah untuk memahami konsep dan menemukan pemecahan masalah. Hal tersebut dikarenakan bahan ajar terintegrasi STEM, terdapat unsur sains, teknologi, teknik rekayasa sederhana, dan matematika dalam materi pembelajaran. Penggunaan STEM dalam proses pembelajaran yang diterapkan dalam bentuk bahan ajar dapat memberikan dampak yang baik. Hal tersebut menunjukkan bahwa program STEM berpengaruh terhadap prestasi, sikap, minat, keterampilan komunikasi, dan pemecahan masalah karena peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran (Kencana *et al.*, 2020).

Pengintegrasian *Problem Based Learning* dalam bahan ajar memiliki kriteria sangat layak. Menurut Fajriyah (2022) Pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* menjadi salah satu metode yang sangat cocok untuk mengasah kemampuan pemecahan masalah. Untuk mendukung pengembangan kemampuan tersebut, dalam bahan ajar menerapkan pembelajaran yang tidak hanya menyampaikan informasi tetapi juga mengoptimalkan kemampuan pemecahan masalah. Oleh karena itu, pada Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* Berpendekatan STEM terdapat pertanyaan-pertanyaan yang dimasukkan pada pembahasan konsep untuk merangsang peserta didik berkebutuhan khusus dalam berpikir dan menganalisis suatu kejadian fenomena berkaitan dengan materi.

Pengembangan bahan ajar cerita bergambar berorientasi *Problem Based Learning* yang dianalisis berdasarkan kebutuhan pendidik dan peserta didik dikemas dengan model yang menarik. Bahan ajar tidak hanya berisi materi tetapi juga berisi permainan. Materi disajikan dalam video pembelajaran yang bersifat *audiovisual* sehingga terjadi interaksi dengan peserta didik (Zulifah *et al.*, 2021). Hal ini dikarenakan Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* Berpendekatan STEM terintegrasi dengan bentuk-bentuk representasi itu sendiri. Bentuk-bentuk representasi tersebut berupa representasi verbal, representasi gambar, representasi video, dan representasi komputasional. Banyak konsep materi dan contoh peristiwa yang disajikan dalam bentuk representasi gambar dan video agar lebih menarik untuk dipelajari oleh peserta didik berkebutuhan khusus.

Pengintegrasian STEM (*Science, Technology, Engineering, dan Mathematics*) dalam bahan ajar memiliki kriteria sangat layak. Hal ini dikarenakan Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* pendekatan STEM terintegrasi dengan unsur-unsur STEM itu sendiri. Pengintegrasian *Science*, peserta didik dapat mempelajari fenomena alam yang berkaitan dengan pemanasan global, seperti efek rumah kaca, peningkatan suhu global, serta dampaknya terhadap ekosistem dan kehidupan manusia. Pengintegrasian bidang *Technology* dan *Engineering* pada bahan ajar terdapat konten “INFO FISIKA” di mana konten tersebut selain mengarahkan peserta didik berkebutuhan khusus untuk mengamati salah satu teknologi yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, juga mengajak peserta didik berkebutuhan khusus untuk menganalisis prinsip kerja teknologi tersebut. Peserta didik bisa mengamati pemanfaatan

alat pendekripsi banjir dapat memberikan informasi awal mengenai kemungkinan terjadinya banjir, sehingga masyarakat dan pihak berwenang dapat mempersiapkan diri lebih baik dan melakukan evakuasi jika diperlukan. Pengintegrasian bidang *Mathematics*, peserta didik berkebutuhan khusus melihat video percobaan sederhana efek rumah kaca untuk menghitung perbedaan suhu antara dua kondisi yang menggambarkan bagaimana efek rumah kaca bekerja. Dengan pendekatan STEM ini, peserta didik berkebutuhan khusus tidak hanya memahami teori tetapi juga dilatih untuk berpikir kritis dan solutif dalam menghadapi tantangan global seperti pemanasan global.

Uji kelayakan aspek penyajian oleh ahli materi menunjukkan hasil yang dikategorikan ke dalam kriteria sangat layak. Hal ini dikarenakan penyajian materi di dalam bahan ajar disusun secara runut berdasarkan konsep dan diusahakan konsisten dalam sistematika penulisannya. Bahan ajar juga memperhatikan penyajian pembelajaran yang berpusat pada pengguna bahan ajar, berusaha mengembangkan kemampuan pemecahan masalah. Bahan ajar harus mencakup lebih banyak media gambar, suara, atau video untuk menghasilkan bahan ajar yang lebih menarik dan hidup. Selain itu bahan ajar ini juga dapat digunakan berulang kali karena tersimpan dalam bentuk file *digital* (Lin *et al.*, 2017).

Bahan Ajar dibuat dengan bantuan penggunaan alat *digital* seperti *Google Sites* sehingga dalam bahan ajar terdapat terdapat **aktivitas-aktivitas yang interaktif** dan **aplikatif** yang dapat membantu peserta didik berkebutuhan khusus dalam mengembangkan pembelajaran yang mendukung keterampilan abad ke-21 yaitu keterampilan pemecahan masalah. Dengan demikian, penggunaan teknologi dalam bahan ajar dan metode *Problem Based Learning* tidak hanya memperkaya media pembelajaran dan memfasilitasi penguasaan materi akademik, tetapi juga mengembangkan keterampilan penting seperti pemecahan masalah. Hal ini sangat relevan dalam konteks pembelajaran berkebutuhan khusus, peserta didik dengan kebutuhan khusus dapat terlibat dalam proses pembelajaran yang lebih dinamis, *interaktif*, dan mendukung pengembangan keterampilan yang sangat dibutuhkan di era *digital* saat ini. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fitriyani (2019) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah memiliki rata-rata kemampuan pemecahan masalah yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang tidak menggunakan pendekatan tersebut.

Kelengkapan penyajian dalam bahan ajar termasuk dalam kategori sangat layak. Bahan ajar ini sesuai dengan Standar Penulisan Buku Ajar oleh BSNP (Badan Standar Nasional Pendidikan). Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM ini terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian pendahuluan, isi, dan penutup. Pada Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM ini, bagian pendahuluan bahan ajar terdiri dari halaman judul (*cover*), kata pengantar, daftar isi, petunjuk penggunaan bahan ajar, tujuan pembelajaran, dan peta konsep. Bagian isi terdapat materi inti pemanasan global yang terdiri berisi materi definisi pemanasan global, penyebab pemanasan global, solusi pemanasan global, dan *simulation virtual*. Bagian penutup bahan ajar terdiri dari glosarium, daftar pustaka, dan tentang penulis. Hal tersebut sejua dengan kriteria kelayakan penyajian menurut BSNP terdiri dari tiga unsur yaitu bagian pendahuluan minimal berisi kata pengantar (prakata) dan daftar isi, bagian isi merupakan materi dalam buku, dan bagian penutup minimal terdapat bagian daftar pustaka. Oleh karena itu, Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM untuk memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus ini sudah sesuai dengan standar BSNP.

Uji kelayakan kebahasaan termasuk dalam kategori sangat layak, dikarenakan setiap peristiwa yang ada di bahan ajar, informasi yang disampaikan jelas dan istilah yang digunakan

dalam bahan ajar konsisten. Bahasa dalam bahan ajar disesuaikan dengan tingkat pengetahuan peserta didik, kaidah bahasa Indonesia, dan mudah dipahami. Penyajian lengkap dengan kegiatan peserta didik yang sesuai dengan indikator, dilengkapi dengan unjuk kerja dan *games*, video pembelajaran yang menyajikan informasi akurat, dan cerita pendek bergambar seperti komik. Tampilan bahan ajar menarik dengan gambar pendukung dan sampul yang sesuai dengan isi cerita.

Bahasa yang digunakan sesuai dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar (ketepatan struktur kalimat). Hal tersebut sejalan dengan pendapat Magdalena et al (2020) bahwa ketentuan penyusunan bahan ajar yang baik di antaranya dalam penyusunannya menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan penggunaan ejaan sesuai dengan EYD. Bahan Ajar disusun dengan bahasa yang sederhana dan mudah dimengerti. Penggunaan bahasa yang sederhana dan jelas membantu peserta didik berkebutuhan khusus memahami materi dengan lebih baik dan meningkatkan efektivitas pembelajaran. Penjelasan tentang konsep fisika seperti efek rumah kaca diibaratkan seperti mobil yang diparkir di bawah sinar matahari dengan jendela tertutup, di mana suhu di dalam mobil meningkat karena panas terperangkap. Penggunaan analogi ini memberikan gambaran yang lebih konkret kepada peserta didik berkebutuhan khusus sehingga mereka dapat lebih mudah memahami konsep yang diajarkan.

Uji kelayakan kegrafikan termasuk dalam kriteria sangat layak karena bahan ajar menggunakan *google sites* sesuai dengan kelayakan kegrafikan yang memperhatikan beberapa kriteria penting. Meskipun tidak berbentuk fisik seperti buku cetak, aspek kegrafikan di *google sites* tetap mempertimbangkan tata letak yang responsif dan rapi, sehingga konten dapat diakses dengan baik di berbagai perangkat seperti laptop, tablet, maupun *smartphone*. Pemilihan *font* yang mudah dibaca dalam bahan ajar memudahkan pembacaan, ukuran yang sesuai, serta penggunaan warna teks yang memiliki kontras yang baik dengan latar belakang untuk memastikan kenyamanan peserta didik berkebutuhan khusus dalam menggunakannya. Pada bagian (*cover*), gambar yang dipilih harus relevan dengan topik bahan ajar, seperti ilustrasi pemanasan global, serta memiliki resolusi tinggi dan tampilan yang menarik untuk membangkitkan minat peserta didik berkebutuhan khusus.

Sementara itu, bagian isi terdiri dari pengertian pemanasan global, penyebab pemanasan global, dan solusi pemanasan global dalam tata letak dan ilustrasi tersusun runtut dan didukung oleh penggunaan gambar, diagram, atau grafik yang relevan dengan materi, guna memperjelas konsep yang disampaikan. Warna yang digunakan dalam seluruh situs perlu konsisten dan mendukung tema lingkungan, seperti menggunakan warna-warna alami yang tidak mencolok tetapi tetap menarik. Hal ini akan memastikan bahan ajar memiliki kualitas kegrafikan yang memenuhi standar dalam pengembangan bahan ajar berbasis *digital*. Hal ini sejalan dengan pendapat Mahfuddin & Wahyuni (2021) menjelaskan bahwa desain *cover* bahan ajar harus memiliki komposisi dan ukuran tata letak yang proporsional, seimbang, harmonis, serta sesuai dengan tata letak isi, di samping memperhatikan unsur STEM, keterampilan pemecahan masalah, dan ketertarikan peserta didik berkebutuhan khusus dalam penggunaannya

Bahan ajar pemanasan global berbasis *Problem Based Learning* Berpendekatan STEM menjadi fokus utama dalam penelitian ini, terutama untuk mengetahui efektivitas bahan ajar tersebut mampu memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik berkebutuhan khusus. *Problem Based Learning* dipilih karena pendekatan ini menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran yang dihadapkan permasalahan nyata, seperti isu pemanasan global. Bahan ajar ini dirancang untuk menstimulasi kemampuan pemecahan

masalah dan mampu membantu peserta didik berkebutuhan khusus memahami konsep pemanasan global secara mendalam.

Bahan ajar ini mengintegrasikan unsur-unsur STEM diantaranya *Science* (Sains), *Technology* (teknologi), *Engineering* (teknik rekayasa), and *Mathematics* (matematika) juga dapat membantu dalam melatih kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus yaitu dengan peserta didik berkebutuhan khusus melakukan tahapan kemampuan pemecahan masalah yang meliputi tahap membuat tujuan dengan mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah, menganalisis, dan membuat kesimpulan, melalui proses ini secara tidak langsung juga melatihkan indikator dari Docktor. Hal ini sama dengan hasil penelitian Sarwi (2021) kemampuan penyelesaian masalah peserta didik dapat meningkat dengan model pembelajaran fisika PjBL terintegrasi STEM, sehingga pendidik dapat menjadi fasilitator peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran dengan tidak hanya menyampaikan materi saja (Sarwi *et al.*, 2021). Faktor lain yang menyebabkan peningkatan kemampuan pemecahan masalah yaitu pembelajaran terlaksana dengan sangat baik, membimbing setiap peserta didik berkebutuhan khusus terlibat aktif dalam setiap proses pemecahan masalah. Hal ini menunjukkan pengembangan dan penerapan bahan ajar membantu peserta didik berkebutuhan khusus dapat lebih mudah dalam memahami materi dan kemampuan pemecahan masalah. Kemampuan pemecahan masalah merupakan keterampilan utama yang ingin dikembangkan melalui bahan ajar ini.

Kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan kognitif dan proses mental yang melibatkan identifikasi, analisis, pemilihan, dan implementasi solusi untuk mengatasi masalah yang diukur dengan instrumen tes tertulis. Pengukuran kemampuan pemecahan masalah dilakukan pada saat pembelajaran Tes tertulis yang digunakan berupa soal *essay* dengan jumlah 15 soal/pertanyaan dalam bentuk *pretest* dan *posttest*. Soal-soal ini sebelumnya sudah divalidasi oleh empat validator ahli. Berdasarkan perhitungan terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah dilihat dari hasil nilai *pretest* dan hasil nilai *posttest* peserta didik berkebutuhan khusus. Hasil nilai *posttest* lebih tinggi dari hasil nilai *pretest*. Perbedaan hasil tes kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus sebagai faktor penentu efektivitas kemampuan pemecahan peserta didik berkebutuhan khusus. Kemampuan pemecahan masalah dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti peserta didik berkebutuhan khusus cenderung menghafal saat mempelajari materi, rendahnya kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus dan penggunaan pendekatan model pembelajaran selama proses pembelajaran. Soal *pretest* digunakan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus sebelum menggunakan bahan ajar pemanasan global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM. Soal *posttest* digunakan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus setelah menggunakan bahan ajar pemanasan global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM.

Penerapan uji coba bahan ajar Pemanasan Global berbasis *Problem Based Learning* berpendekatan STEM dilakukan juga analisis pengaruhnya terhadap kemampuan pemecahan masalah. Kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus diukur dengan instrumen tes yang berupa *pretest* dan *posttest*. Hasil analisis nilai *pretest* dan *posttest* disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Nilai *Pretest* dan *Posttest*

<b>Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah</b>	<b>Rata-rata Skor</b>	
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Memahami masalah dengan menentukan pendekatan/konsep fisika	72	91
Membuat rencana pemecahan mengaplikasikan pendekatan/konsep fisika	60	93,33
Menggunakan pendekatan matematika sesuai prosedur matematis	53,75	81,25
Membuat kesimpulan	56,67	90

Adanya peningkatan pemecahan masalah sejalan dengan beberapa yang menyimpulkan bahwa pengembangan bahan ajar bernuansa STEM dapat menjadi sebuah pilihan dalam menunjang proses pembelajaran yang menarik, efisien, dan efektif. Bahan ajar sangat cocok digunakan dalam membantu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis (Lembar et al., 2020). Adanya penelitian tindakan perbaikan pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa (Rachmatika et al., 2022). Lebih lanjut, Sinuraya & Frisnoiry (2022) berhasil mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (*E-LKPD*) berbasis PBL yang efektif dalam melatih kemampuan pemecahan masalah. Wahyuni et al. (2024) juga mendukung temuan-temuan sebelumnya dengan menunjukkan bahwa materi ajar elektronik yang valid dapat digunakan secara fleksibel, baik secara *online* maupun *offline*, untuk melatih kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Bahan Ajar Pemanasan Global Berbasis *Problem Based Learning* Berpendekatan STEM membawa implikasi dan berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika peserta didik berkebutuhan khusus.

#### 4. KESIMPULAN

Bahan ajar pemanasan global berbasis *Problem-Based Learning* berpendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) ditujukan untuk memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah peserta didik berkebutuhan khusus. Bahan ajar ini mencakup materi, ilustrasi, komik, video, dan kuis interaktif yang dirancang untuk membuat pembelajaran lebih menarik dan relevan. Hasil uji kelayakan oleh para ahli menunjukkan bahwa bahan ajar ini memenuhi kriteria "sangat layak" dengan skor rata-rata 88%, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, sebagaimana dibuktikan dengan peningkatan signifikan pada nilai posttest peserta didik berkebutuhan khusus. Bahan ajar ini juga diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk materi lain dan melibatkan instrumen evaluasi yang lebih beragam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aegustinawati, A., & Sunarya, Y. (2023). Analisis Implementasi Kurikulum Merdeka dalam Mengatasi Retensi Kelas di Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Paedagogy*, 10(3), 759.  
<https://doi.org/10.33394/jp.v10i3.7568>
- Annur, M. F., & Hermansyah. (2020). Analisis kesulitan mahasiswa pendidikan matematika dalam pembelajaran daring pada masa pandemi Covid-19. *Paedagoria*, 11(2), 195–201.  
<https://journal.ummat.ac.id/index.php/paedagoria/article/view/2544>

- Dort, M., Strelow, A. E., Schwinger, M., & Christiansen, H. (2020). Working with Children with ADHD—A Latent Profile Analysis of Teachers' and Psychotherapists' Attitudes. *Sustainability*, 12(22), 9691. <https://doi.org/10.3390/su12229691>
- DuPaul, G. J., Evans, S. W., Mautone, J. A., Owens, J. S., & Power, T. J. (2020). Future Directions for Psychosocial Interventions for Children and Adolescents with ADHD. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 49(1), 134–145. <https://doi.org/10.1080/15374416.2019.1689825>
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review. *Sustainability*, 14(3), 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- Hamidaturrohmah, H., & Mulyani, T. (2020). Strategi Pembelajaran Jarak Jauh Siswa Berkebutuhan Khusus di SD Inklusi Era Pandemi Covid-19. *ELEMENTARY: Islamic Teacher Journal*, 8(2), 247. <https://doi.org/10.21043/elementary.v8i2.7907>
- Hardianti, T., Pohan, L. A., & Maulina, J. (2020). Bahan ajar berbasis saintifik: Pengaruhnya pada kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses sains siswa SMP An-Nizam. *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)*, 4(1), 81–92. <https://e-journal.ivet.ac.id/index.php/jipva/article/view/1081>
- Harizon, Asrial, Haryanto, Ernawati, M. D. W., Kurniawan, D. A., Sinaga, F. P., & Haryati, R. (2023). Description of Teacher Responses to the Implementation of Student Process Skills Portfolio Assessment. *Integrated Science Education Journal*, 4(3), 128–134. <https://cahaya-ic.com/index.php/ISEJ/article/view/731>
- Maula, I., & Yulianti, D. (2023). Pembelajaran fisika berbasis Problem Based Learning berpendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan komunikasi. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 12(2), 85–93. <https://journal.unnes.ac.id/sju/upej/article/view/72101>
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Pendidikan*. Alfabeta.