

Development of STEM-Based Teaching Materials with Engineering Design Process Model on Global Warming: Validity Aspect

¹⁾ **Septyani Triwulandari, ¹⁾ Nurul Fitriyah Sulaeman, ¹⁾ Muliati Syam**

¹⁾ Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur – Indonesia

E-mail: nurul.fitriyah@fkip.unmul.ac.id

Abstract

Development of STEM-based s teaching materials with the Engineering Design Process model on global warming in high school aims to produce valid teaching materials. This research is an earlier stage of development research that uses the ADDIE model research design which consists of five stages, that is Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. In this study, the validity aspect was carried out from the analysis, design and development stages. The teaching materials that have been developed are assessed for product suitability by validators and expert users that is five physics education lecturers at Mulawarman University and one teacher at SMA Negeri 5 Samarinda. Based on the results of the validity, the level reached 80.0% that catagorized as valid. Based on the results teaching materials on global warming are suitable to use and continue to implementation and evaluation stages.

Key word: *Development of teaching materials, STEM, Engineering Design Process, Validity*

PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam pembelajaran fisika yaitu pembelajaran yang cenderung berpusat pada guru serta minimnya inovasi yang dilakukan oleh guru (Suryana, 2017). Guru masih jarang melaksanakan pembelajaran yang dapat mengasah kemampuan pemecahan masalah. Akibatnya siswa tidak terbiasa untuk memecahkan permasalahan dengan solusi yang terbaik. Pembelajaran fisika saat ini peserta didik diharapkan mampu memecahkan masalah seperti kemampuan memahami masalah, merancang model, menyelesaikan model, dan menafsirkan solusi yang telah diperoleh (Anisah, 2018). Untuk mengatasi masalah tersebut guru hendaknya merancang pembelajaran dengan menggunakan strategi, pendekatan, dan metode yang efektif untuk diterapkan dalam mengembangkan keterampilan peserta didik

agar dapat menciptakan pembelajaran yang akan melatih siswa dalam meningkatkan kemampuan mengintegrasikan informasi, dan menarik simpulan dengan memadukan pembelajaran melalui pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering And Mathematic*) (Yuanaita, 2019).(Giancoli, 2014)

Pendekatan STEM merupakan pendekatan yang mengintegrasikan dari keempat bidang ilmu yaitu *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* dalam suatu proses pembelajaran (Puspitasari, 2021). Integrasi keempat bidang ilmu tersebut, menjadikan siswa tidak hanya memiliki pemahaman konsep fisika dan matematis tetapi siswa juga memiliki pemahaman konsep mengenai proses dan prinsip dari teknologi serta kemampuan berinovasi melalui proses *engineering* dan sangat membantu siswa untuk memiliki keterampilan penting untuk

masa depan seperti desain dan kolaborasi (Puspitasari dan Sulaeman 2021). Implementasi pendekatan STEM dalam proses pembelajaran dapat dilakukan melalui pemanfaatan bahan ajar. Pembelajaran menggunakan bahan ajar yang dilengkapi dengan aspek STEM akan memberikan pengaruh positif bagi siswa terhadap kemampuan mereka untuk mencoba menemukan solusi dari permasalahan yang memiliki banyak penyelesaian yang menekankan pada keterampilan siswa dalam memecahkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari (Margot, 2017). Bahan ajar adalah seperangkat materi yang tersusun secara sistematis, baik tertulis maupun tidak tertulis yang digunakan guru dan peserta didik saat belajar (Rahmatina, 2020). Integrasi STEM dalam kehidupan sehari-hari masih belum diangkat dalam bahan ajar yang ada saat ini (Rusyati, 2019). Bahan ajar yang digunakan pada umumnya berbentuk buku cetak kurikulum 2013 yang diterbitkan oleh pemerintah maupun swasta dan belum terlihat adanya terintegrasi STEM (Yuanita, 2019). Dimana penelitian yang dilakukan (Triwulandari, 2021) bahan ajar disekolah masih berada pada level rendah karena bahan ajar tersebut belum memfasilitasi kegiatan dalam merancang dan mengembangkan praktik sains dan teknik peserta didik. Pada penelitian yang dilakukan (Millah, 2012) bahan ajar yang beredar sangat banyak, tetapi masih terdapat beberapa kekurangan salah satunya adalah buku yang dirancang belum mampu membuat siswa dalam memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Oleh sebab itu seseorang guru harus bisa meningkatkan kualitas pendidikan dengan melalui pengembangan bahan ajar yang bisa membantu siswa dalam memahami materi dengan beragam teknologi dan aplikasi, serta memunculkan rasa ingin tahu siswa

dalam merekayasa teknologi dengan konsep yang sedang dipelajari (Widayoko, 2018).

Bahan ajar semestinya disusun berdasarkan kebutuhan tujuan pembelajaran. Pengembangan bahan ajar berbasis STEM dengan model EDP dipilih dalam penelitian ini karena mengajak peserta didik untuk memecahkan masalah di dunia nyata dengan aktivitas yang dirancang seperti seorang insinyur (Putra, 2021). Pada model EDP memiliki beberapa tahapan-tahapan yang dapat mengajarkan siswa untuk menerapkan pengetahuan secara komperhensif serta memperkuat berfikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah (Yu, 2020) sehingga bahan ajar mampu memfasilitasi peserta didik dalam praktik sains dan teknik. Materi pemanasan global sebagai fokus utama pada penelitian ini karena materi pemanasan global mudah diterapkan pada pembelajaran STEM terutama pada proyek pemecahan masalah. Terdapat beberapa pengembangan bahan ajar berbasis STEM yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya penelitian yang dilakukan Susilawati, 2018 pengembangan bahan ajar pada materi pemanasan global berbasis *Contextual Teaching and Learning* bahan dinyatakan valid dan dapat digunakan sebagai sumber belajar. Penelitian yang dilakukan (Buana, 2021) pengembangan bahan ajar IPA elektronik berorientasi lingkungan pada materi pemanasan global bahan ajar yang dikembangkan dinyatakan valid. Namun, dari peneliti-peneliti yang sudah dilakukan pada pembelajaran STEM dengan model EDP belum banyak dikembangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan model ADDIE yang terdiri dari lima tahap yaitu tahap *Analyze* (analisis), tahap *Design* (perancangan), tahap *Development*

(pengembangan), tahap *Implementation* (implementasi), dan tahap *Evaluation* (evaluasi). Oleh sebab itu, tahap yang digunakan pada penelitian ini hanya pada tahap *Development* (pengembangan). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui validitas bahan ajar berbasis STEM dengan model EDP pada materi pemanasan global.

Data yang diperoleh dalam bentuk data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari lembar validasi ahli yang dilaksanakan pada tahap *Development* (pengembangan) untuk mengetahui validitas bahan ajar berbasis STEM dengan model EDP yang dikembangkan. Data kualitatif diperoleh dari saran dan komentar yang diberikan untuk melakukan revisi.

Instrumen pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini berupa lembar validasi. Validasi dilakukan oleh lima dosen pendidikan fisika dan satu guru di SMA Negeri 5 Samarinda. Validator dipilih berdasarkan dosen sesuai dengan keahlian dan guru yang berpengalaman. Validator diminta memberikan penilaian langsung pada tiap aspek yang terdapat pada lembar validasi. Penilaian validitas bahan ajar terdiri dari empat aspek yaitu aspek isi, aspek bahasa, aspek kegrafisan, dan aspek penyajian. Penilaian tingkat validitas bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP yaitu sebagai berikut. Penilaian oleh validator ahli dan pengguna

$$\text{Nilai validitas} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Jumlah skor tertinggi}} \times 100\%$$

Hasil data perhitungan diklasifikasikan berdasarkan kriteria validitas pada Tabel 2.1. berikut.

Tabel 2.1. Kriteria Tingkat Validitas

Rentang Nilai	Kategori
90%-100%	Sangat Valid
80%-89%	Valid
65%-79%	Tidak Valid
55%-64%	Cukup Valid
≤ 54%	Sangat Tidak Valid

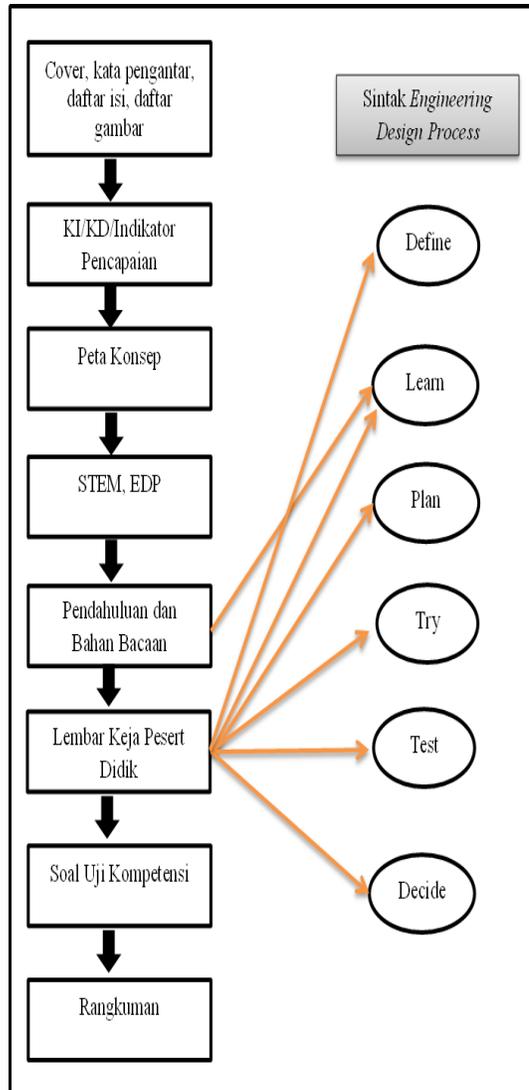
(Purwanto, 2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini yaitu bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP pada materi pemanasan global. Bahan ajar yang dikembangkan untuk dapat digunakan sebagai bahan ajar bagi guru dan sumber belajar bagi siswa. Bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP divalidasi oleh enam validator yang terdiri dari lima validator ahli yaitu dosen pendidikan fisika Universitas Mulawarman dan satu validator pengguna guru SMA Negeri 5 Samarinda. Data yang diperoleh berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif berupa angket nilai pada lembar validasi, sedangkan data kualitatif berupa saran, kritik, dan kesimpulan secara umum terhadap bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP pada materi pemanasan global di SMA.

Bahan ajar fisika berbasis STEM-EDP yang telah disusun terdiri dari tiga bagian, yaitu: 1) bagian awal meliputi halaman cover, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, kompetensi inti dan kompetensi dasar, indikator pencapaian kompetensi, peta konsep, STEM, dan EDP. 2) Pada bagian isi terdiri dari pendahuluan, materi yang di sajikan dari aspek STEM dengan model EDP. 3) Pada bagian akhir meliputi lembar kerja peserta didik, latihan soal, rangkuman, indeks dan daftar pustaka. Hasil penyusunan bahan ajar berbasis STEM

dengan model EDP dapat dilihat pada Gambar 3.1. berikut



Gambar 3.1. Tahapan *Development* bahan ajar

Hasil analisis penilaian dari validator terhadap bahan ajar berbasis STEM dengan model EDP pada materi pemanasan global dapat dilihat pada Tabel 3.1. berikut

Tabel 3.1. Hasil Analisis Validitas

Aspek	Skor	Presentase	Kategori Validitas
Isi	4,33		
Bahasa	4,06	80,0%	Valid
Penyajian	4,12		
kegrafisan	3,50		

Berdasarkan Table 3.1. di atas, dapat diketahui bahwa nilai validitas bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP pada materi pemanasan global di SMA mencapai 80,0 % dengan tingkat kategori valid. Untuk mencapai pada tingkat sangat valid, bahan ajar telah melalui proses revisi sesuai dengan saran dan kritik yang diberikan oleh validator ahli dan pengguna. Revisi yang dilakukan sebanyak satu kali kepada masing-masing validator. Nilai validitas bahan ajar STEM dengan model EDP juga ditinjau dari aspek-aspek dalam bahan ajar. Berdasarkan Tabel 3.1. diatas, aspek kegrafisan mendapatkan nilai paling rendah dibandingkan aspek yang lain sehingga aspek ini perlu mendapatkan revisi yang lebih banyak dibandingkan aspek yang lain sedangkan untuk aspek isi, bahasa, dan penyajian mendapat nilai yang cukup tinggi. Revisi yang dilakukan pada aspek kegrafisan disesuaikan dengan saran dan kritik yang disampaikan oleh validator yang dipaparkan pada data kualitatif. Saran dan kritik yang diperoleh dari para validator menjadi acuan untuk melakukan revisi pada bagian-bagian yang disebutkan.

Data kualitatif berupa saran dan kritik terhadap bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP pada materi pemanasan global di SMA dapat dilihat pada Tabel 3.2. berikut.

Tabel 3.2. Hasil Analisis Data Kualitatif validasi

No	Saran dan Kritik oleh Validator Ahli dan Pengguna
1.	Konsisten dalam penulisan gambar dan judul gambar
2.	Ilustrasi cover belum menggambarkan materi pemanasan global
3.	Perhatikan ukuran dan kontras pada gambar

PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil pembahasan dari pengembangan yang dilakukan:

1. Tahap *analyze* (analisis)

Pada tahap ini dilakukan observasi pada siswa dan guru SMA 5 Samarinda. Tahap analisis dilakukan dengan beberapa langkah yaitu, analisis kompetensi peserta didik, karakteristik peserta didik, dan materi. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, peserta didik lebih sering diajarkan menggunakan rumus dan menyelesaikan soal-soal fisika, namun belum mengkaitkan penerapan konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari untuk menemukan solusi dari permasalahan. Sumber belajar yang digunakan disekolah yaitu berupa LKS yang berisi materi secara ringkas. Selanjutnya dilakukan analisis materi dengan membaca beberapa buku SMA kelas XI Kurikulum 2013 terkait dengan materi yang akan disajikan dalam bahan ajar.

2. Tahap *Design* (desain)

Pada tahap *design* merupakan tahap perencanaan konsep dari produk yang dikembangkan. Tahap ini diawali dengan perumusan tujuan pembelajaran berdasarkan kompetensi inti dan kompetensi dasar pada materi pemanasan global di kelas XI SMA selanjutnya dituangkan dalam bentuk peta

konsep. Peta konsep ini menggambarkan sub pokok bahasan yang akan disajikan di dalam bahan ajar. Setelah merumuskan tujuan pembelajaran dan memilih bahan ajar, yaitu merancang konsep dari produk. Bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP dirancang dengan desain yang dilengkapi dengan gambar ilustrasi dan terintergrasi STEM dengan model EDP yang disajikan secara terpisah pada setiap aspeknya. Intergrasi dari STEM meliputi aspek Sains yang terletak pada pembahasan materi pemanasan global, aspek teknologi terletak pada pembahasan materi pemanasan global yang bisa diakses melalui *barcode* atau *link* pada bahan ajar, dan menggunakan neraca digital untuk menimbang massa es pada lembar kerja peserta didik, aspek *engineering* terletak pada LKPD yaitu membuat kota box sederhana dimana LKPD menggunakan model EDP dimana terdapat 5 tahapan yaitu *define, learn, plan, try, test, dan decide* (Siverling, 2016) setiap tahapannya menggajak siswa untuk menemukan solusi dari permasalahan yang ada, aspek matematika terletak pada perhitungan pada LKPD yaitu menghitung massa es pada saat melakukan percobaan.

3. Tahap *Development* (pengembangan)

Pada tahap ini, diperoleh bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP yang telah disusun. Bahan ajar yang telah dikembangkan berbasis STEM dengan model EDP, dilihat pada Gambar 3.1. bahan bacaan masuk ke tahap *learn* pada EDP, kemuan pada lembar kerja peserta didik mencakup semua pada tahap-tahapan EDP.

Bahan ajar yang telah dikembangkan diuji validitasnya oleh lima validator ahli dan satu validator pengguna. Aspek penilaian kelayakan produk terdiri dari empat aspek yaitu, aspek isi, aspek bahasa, aspek penyajian dan aspek kegrafisan. Aspek isi bertujuan untuk memberikan penilaian dari segi

pembaharuan dan kebutuhan. Aspek bahasa bertujuan untuk memberikan penilaian terhadap penggunaan bahasa dan tingkat keterbacaan bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP. Aspek penyajian bertujuan untuk memberikan penilaian terhadap komponen isi dalam bahan ajar dan kualitas penyajian materi. Aspek kegrafisan bertujuan untuk memberikan penilaian terhadap layout atau tata letak, dan ilustrasi pada bahan ajar.

Terdapat beberapa saran dan kritik yang di berikan oleh validator terhadap bahan ajar dilihat pada Tabel 3.2. dimana saran dan kritik menjadi acuan untuk melakukan revisi pada bagian-bagian yang disebutkan.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan pengembangan yang telah dipaparkan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP pada materi pemanasan global di SMA termasuk dalam katagori valid setelah dilakukan uji validitas oleh dua validator ahli dan satu validator pengguna dengan nilai validitas mencapai 80,0%. Pengembangan bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP pada materi pemanasan global diharapkan dapat menjadi referensi sumber belajar yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah. Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil pengembangan yang telah dilakukan yaitu bahan ajar fisika berbasis STEM dengan model EDP pada materi pemanasan global di SMA perlu di implementasikan ke beberapa kelas maupun sekolah sehingga dapat mengetahui tingkat efektifitas maupun respon siswa..

DAFTAR PUSTAKA

- Anisah., dan Sri, Lastuti. (2018). Pengembangan Bahan Ajar berbasis HOTS untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Mahasiswa. *Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 9(2)
- Buana, Anak Agung, N. K. (2021). Pengembangan Bahan AJAR ipa Elektronik Berorientasi Lingkungan Pada Materi Pemanasan Global. <http://repo.undiksha.ac.id/id/eprint/8373>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Millah, Elina. S., Lukas, Suhendra. B., Isnawati. (2012). Pengembangan Buku Ajar Materi Bioteknologi Dikelas XII SMA IPIEMS Surabaya Berorientasi Sains, Tekologi, Lingkungan, Dan Masyarakat (SETS). *E-Journal Bioedu*. Volume 1.
- Pangesti, Kurnia.I., Dwi, Yulianti., dan Sugianto. (2017). Bahan Ajar Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa SMA. *Unnes Physics Education Journal*, 6(3).
- Purwanto, Ngalm. 2012. Prinsip-prinsip dan teknik Evaluasi pengajaran. Jakarta: PT Remaja Rosdakarya.
- Puspitasari, E., Putra, P. D. A., dan Handayani, R .A. (2021).

- Pengembangan Buku Ajar Fisika Berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) pada Pokok Bahasan Suhu dan Kalor di SMA. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika*, 2(1).
- Putra, Pramudya, D. A., Nurul, Fitriyah, S., dan Supeno, Sri, W. (2021). Exploring Students' Critical Thinking Skills Using the Engineering Design Process in a Physics Classroom. *The Asia-Pacific Education Researcher*, <https://doi.org/10.1007/s40299-021-00640-3>.
- Rahmatina, Cut, Awwali., Misbahul, J., dan Fera Annisa. (2020). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) di SMA/MA. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*, 1(1).
- Rusyati, R., Permanasari, A., dan Ardianto, D. (2019). Rekonstruksi Bahan Ajar Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Teknologi Siswa pada Konsep Kemagnetan. *Journal of Science Education and Practice*, 2(2), 10-22.
- Siverling, E., Rozowa, P., Carlovsky, J., Glancy, A., Douglas, K., & Moore, T. (2016). EngrTEAMS Engineering to Transform the Education of Analysis, Measurement, and Science in a Team-Based Targeted Mathematics-Science Partnership. *University of Minnesota And Purdue University Research Foundation*.
- Sulaeman, N. F., Putra, P. D. A., Mineta, I., Hakamada, H., Takahashi, M., Ide, Y., & Kumano, Y. (2021). Exploring Student Engagement in STEM Education through the Engineering Design Process. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.30870/jppi.v7i1.10455>
- Susilawati, wilda. (2018). Pengembangan bahan ajar pada materi pemanasan global berbasis *contextual teaching and learning*. Digital Library UIN Sunan Gunung Djati Bandung <http://digilib.uinsgd.ac.id/id/eprint/15832>
- Suryana, A., Utami, I. S., Septiyanto, R. F., dan Wibowo, F. C. (2017). Pengembangan STEM-A Berbasis Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 6(1), 67-73
- Triwulandari, Septyani., Roro, Dinda, Althaf, F. Z. A., Mulyati, Syam, Pramudya, Dwi, A. P., Nurul, Fitriyah, S. (2021). Exploring Science and Engineering Practices in Indonesian Physics Textbook about Heat and Temperature. *Ictrops International Conference for Tropical Studies and Its Applications*.
- Widayoko, Agus., Eny, Latifah., Lia, Yuliati. (2018). Peningkatan Kompetensi Literasi Saintifik Siswa SMA Dengan Bahan Ajar Terintegrasi STEM Pada Materi Impuls Dan Momentum. *Jurnal Pendidikan*, 3(11).
- Yuanita, Y., dan Kurnia, F. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Materi Kelistrikan Untuk Sekolah Dasar.

Profesi Pendidikan Dasar, 1(2), 199-210

Yu, Kuang, C., Pai-Hsing, Wu., & Szu-Chun, Fan. (2020). Structural Relationships among High School Students' Scientific Knowledge, Critical Thinking, Engineering Design Process, and Design Product. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(6), 1001–1022