

Pembelajaran STEM Berbasis *Engineering Design Process* untuk Siswa Sekolah Alam di Kabupaten Klaten

Indah Widiastuti^{1*}, Cucuk Wawan Budiyanto²

¹Mechanical Engineering Education Dept., The Faculty of Teacher Training and Education
Sebelas Maret University Indonesia

²Informatics Education Department, The Faculty of Teacher Training and Education Sebelas
Maret University Indonesia,

Corresponding email: indahwidiastuti@staff.uns.ac.id

ABSTRACT

This community service activity aims to improve STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) learning at a natural school in Klaten through engineering design. STEM is directed as integrated learning between several fields of science, especially those related to mathematics, science (physics, chemistry, biology, and environmental science), and IT (Information Technology). Learning is done by introducing several technologies that use wind energy sources. Engineering design process activities are carried out in 3 modules, namely, understanding the context of the problem, experimenting with materials and sail shapes capable of capturing wind energy, and designing windmills according to the results of previous experiments. The learning module is made by a service team with the teacher and then given to parents. Parents are expected to assist children during the implementation of activities. Students are encouraged to use STEM skills in designing windmills.

Keywords: *engineering design process*; nature-based school; STEM

ABSTRAK

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan pembelajaran STEM (IPA, Teknologi, Teknik, dan Matematika) di sekolah alam di Klaten melalui desain teknik. STEM diarahkan sebagai pembelajaran terpadu antara beberapa bidang ilmu, khususnya yang berkaitan dengan matematika, IPA

(fisika, kimia, biologi, dan ilmu lingkungan), dan IT (Teknologi Informasi). Pembelajaran dilakukan dengan memperkenalkan beberapa teknologi yang menggunakan sumber energi angin. Kegiatan proses perancangan teknik dilakukan dalam 3 modul, yaitu, memahami konteks masalah, bereksperimen dengan material dan bentuk layar yang mampu menangkap energi angin, serta merancang kincir angin sesuai hasil percobaan sebelumnya. Modul pembelajaran dibuat oleh tim layanan dengan guru dan kemudian diberikan kepada orang tua. Orang tua diharapkan dapat membantu anak-anak selama pelaksanaan kegiatan. Siswa didorong untuk menggunakan keterampilan STEM dalam merancang kincir angin.

Kata kunci: STEM; *engineering design process*; sekolah alam

PENDAHULUAN

Pembelajaran bidang sains, teknologi, rekayasa dan matematika atau dikenal dengan istilah STEM menjadi fokus perhatian tidak hanya oleh guru di sekolah namun juga semua pemangku kepentingan yang terlibat. Berbagai upaya telah dilakukan dalam rangka proses peningkatan kualitas proses pembelajaran dan kurikulum di bidang-bidang tersebut. Pada awalnya program peningkatan kualitas tersebut dilakukan secara terpisah di masing-masing bidang studi. Namun saat ini, fokus perbaikan mutu diarahkan pada integrasi antara semua bidang pada pembelajaran STEM.

Integrasi antara sains, teknologi, rekayasa dan matematika pada pembelajaran di sekolah sebaiknya juga dikaitkan dengan fenomena yang dihadapi di dunia nyata. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat pembelajaran STEM lebih bermakna dan relevan bagi siswa dan guru (Honey et al., 2014). Dengan cara ini, diharapkan akan meningkatkan motivasi dan minat belajar siswa yang selanjutnya dapat meningkatkan pemahaman serta kemampuan literasi siswa terutama dalam sains, matematika dan teknologi. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan

motivasi siswa untuk belajar ketika siswa merasa apa yang dipelajari tersebut bermanfaat besar.

Lingkungan hidup merupakan isu kontekstual yang sangat menarik dalam pembelajaran STEM. Isu lingkungan mulai dari daur ulang sampai masalah sumber energi alternatif merupakan masalah nyata yang menarik untuk dieksplorasi. Studi di Amerika menunjukkan bahwa integrasi *environment based education* pada kurikulum STEM memberikan pengaruh positif pada pembelajaran sains, literasi, kemampuan beradaptasi dan kemampuan untuk bekerja sama dalam tim.

Penguatan pembelajaran STEM berbasis pendidikan lingkungan diarahkan untuk meningkatkan kemampuan siswa terutama pada bidang studi sains dan matematika sekaligus meningkatkan kesadaran siswa terhadap isu lingkungan misalnya perubahan iklim dan keseimbangan ekosistem. Pembelajaran sains dan matematika yang kontekstual terkait dengan isu lingkungan hidup ini sangat sesuai dengan *framework* STEM dalam penggunaan *scientific inquiry* dan *engineering design process* sebagai bagian dari pengalaman belajar.

TINJAUAN PUSTAKA

Engineering Design Process (EDP) merupakan pendidikan pedagogi yang diterapkan kepada siswa (Tipmontiane & Williams, 2022). Dalam *Engineering Design Process* (EDP) tidak hanya menghasilkan konsep abstrak tetapi menerapkan kemampuan desain kepada siswa, melalui pendekatan pemecahan masalah dan konsep dasar (Moore et al., 2014). Dengan adanya pembelajaran berbasis EDP akan meningkatkan pengalaman siswa akan pengetahuan desain (Hynes, Milto, et al., 2011). Oleh karena itu EDP, berperan penting dalam pembelajaran pendidikan K-12 untuk membantu siswa dapat menyelesaikan masalah melalui konsep kehidupan sehari-hari (Tipmontiane & Williams, 2022).

Penelitian oleh Berland dkk (2014) pada siswa Sekolah Menengah Atas (SMA) terkait pembelajaran berbasis EDP di Amerika Serikat menerapkan konsep sains dan matematika menunjukkan hasil kemampuan siswa melalui pemecahan

masalah dan memberikan solusi pada suatu masalah berasal dari proses berpikir siswa sendiri. Melalui pembelajaran EDP siswa dapat mengidentifikasi masalah, menentukan solusi, mendesain *prototype*, mendesain ulang dengan baik (Hynes, Milto, et al., 2011). Sehingga pembelajaran EDP berdampak positif meningkatkan keterampilan siswa dalam memecahkan masalah berbasis sains dan matematika (Syukri et al., 2018).

Dalam pembelajaran berbasis EDP sendiri melibatkan penggabungan prinsip-prinsip teknik, penganalisan, dan sistematika berpikir (Kelley & Knowles, 2016). *Engineering Design Process* (EDP) sendiri dalam STEM terpadu berkontribusi pada pengembangan kurikulum dari sekolah taman kanak-kanak hingga pendidikan K-12 (Tipmontiane & Williams, 2022). *Engineering Design Process* (EDP) merupakan elemen penting dalam sistem pembelajaran pendidikan teknik K-12. Melalui penerapan dan keterampilan teknik dengan *Engineering Design Process* (EDP) akan menciptakan siswa yang mampu belajar sendiri dan mampu mengembangkan literasi desain (Hynes, Milto, et al., 2011). Pada sekolah tingkat dasar, pembelajaran EDP berfokus pada pembangkitan ide, di sekolah menengah atas berfokus pada analisis, pengujian dan evaluasi dan pada guru berfokus pada pendesaian ulang (Lin et al., 2021b), meskipun berbeda fokus pada tiap tingkat sekolah tetapi pada proses pembelajarannya, EDP mempunyai tahapan pembelajaran yang sama (Hynes, Milto, et al., 2011).

Implementasi pendidikan STEM dapat ditingkatkan dengan merencanakan kegiatan pembelajaran teknologi seperti *Engineering Design Process* sehingga dengan adanya EDP siswa akan memperoleh pengetahuan yang komprehensif (Song et al., 2016). Artinya siswa akan lebih banyak menerapkan pengetahuan dan kompetensi STEM dalam memecahkan masalah (Lin et al., 2021c). Selain itu, banyak penelitian yang mengatakan bahwa melalui *Engineering Design Process* (EDP) dapat meningkatkan pembelajaran di STEM (Lin et al., 2021c). Hasil penelitian lain mengungkapkan melalui sistem pembelajaran melalui pendekatan EDP membuat siswa dapat memahami masalah, pemahaman prinsip-prinsip EDP,

dan menerapkannya kedalam ilmu sains dan matematika (Lin et al., 2021b) melalui pengalaman belajar secara nyata (Widiastuti et al., 2020).

Melalui pembelajaran berbasis EDP yang dimasukkan kedalam STEM terintegrasi berdampak positif pada siswa dan lingkungan belajar. *Engineering Design Process* (EDP) membuat siswa terlibat langsung pada proses pembelajaran (Siddika Selcen Guzey et al., 2016). Menurut Committee on Public Understanding of Engineering dalam (Tipmontiane & Williams, 2022) mengatakan bahwa korelasi antara desain teknik dan minat siswa secara positif mempengaruhi kompetensi pemecahan masalah dan partisipasi siswa terhadap pembelajaran.

Komunikasi dan kolaborasi akan meningkatkan pemahaman siswa terhadap STEM melalui pembelajaran berbasis EDP. Dalam pembelajaran, biasanya guru mengelompokkan siswa berdasarkan keahliannya untuk memecahkan masalah mengenai *Engineering Design Process* (EDP) (Alfonseca et al., 2006). Akan tetapi ternyata pengelompokan siswa tersebut menghambat komunikasi dan kolaborasi kerana siswa cenderung bekerja secara individu berdasarkan keahliannya sendiri sehingga membatasi proses EDP (Householder & Hailey, 2012). Dengan demikian, EDP lebih mendorong partisipasi dan kolaborasi siswa selama proses pembelajaran berlangsung.

Menurut Hammer dan Schifter dalam (Tipmontiane & Williams, 2022) mengatakan peran guru dalam implementasi pembelajaran desain teknik di kelas berbeda dengan pembelajaran teori biasanya. Peran guru awalnya sebagai pemberi materi secara lengkap kemudian bergeser menjadi fasilitator yang mendukung siswa dalam pemecahan masalah (*problem solver*)(Householder & Hailey, 2012). Kebijakan dan kreativitas guru merupakan faktor penting yang harus dimiliki guru (Mohd Hafiz & Ayop, 2019). Sehingga pada pembelajaran berbasis EDP peran guru bergeser dari pemberi materi secara lengkap menjadi fasilitator (Tipmontiane & Williams, 2022). Meskipun sebagai fasilitator guru harus mampu mempertimbangkan pendekatan desain teknik dalam pembelajaran STEM (Mohd Hafiz & Ayop, 2019). Sehingga pada proses pembelajaran seorang guru mampu

memiliki pengetahuan dan keterampilan dengan memasukkan konsep sains dan matematika, sehingga siswa akan lebih paham terhadap konsep STEM melalui pembelajaran yang berbasis EDP (Widiastuti et al., 2020)..

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian ini ditujukan untuk memberikan variasi metode pembelajaran STEM berbasis konsep kesadaran lingkungan hidup dengan melakukan aktivitas *engineering design process* yang memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan memecahkan masalah secara kolaboratif. Secara terperinci, tujuan pengabdian dapat dijabarkan sebagai berikut

1. Mengembangkan rancangan pembelajaran STEM berbasis lingkungan dengan topik Energi Baru dan Terbarukan
2. Memberikan contoh dan panduan kegiatan pembelajaran STEM yang sesuai dengan tahap perkembangan dan usia siswa, termasuk lembar amatan dan laporan
3. Menyediakan alternatif model pembelajaran yang menyenangkan melalui kegiatan *engineering design process* dengan perancangan kincir angin

Kegiatan dimulai dengan melakukan identifikasi capaian pembelajaran bidang sains dan matematika yang diintegrasikan dengan aplikasi teknologi, proses rekayasa (*engineering*) dan isu lingkungan hidup. Isu lingkungan yang menjadi fokus kegiatan pengabdian ini terkait dengan penggunaan sumber energi angin sebagai sumber energi alternatif. Beberapa materi yang relevan dengan isu tersebut antara lain adalah:

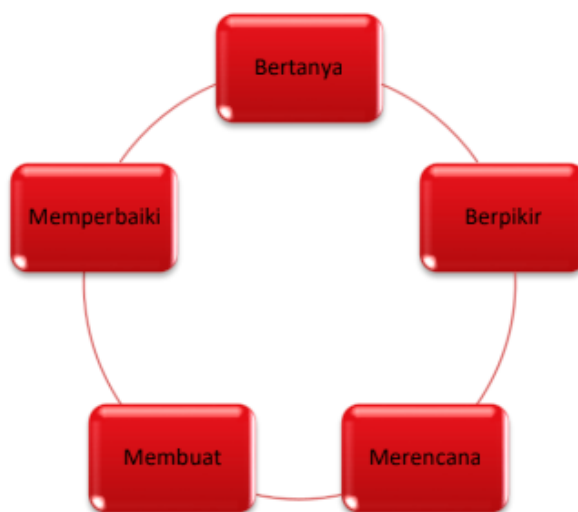
- Mekanisme kincir angin untuk menghasilkan energi
- Analisis faktor – faktor yang mempengaruhi kemampuan menghasilkan energi
- Proses perancangan kincir angin yang sistematis berbasis *engineering design process*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian telah dilakukan di Sekolah Alam Bengawan Solo dengan tahapan kegiatan dijelaskan sebagai berikut.

1. Tinjauan pustaka

Fokus kegiatan pengabdian ini adalah mengintegrasikan mata pelajaran pada STEM melalui aktivitas belajar yang terkait dengan *engineering design process (EDP)* atau proses desain rekayasa. Untuk itu, tim pengabdian melakukan tinjauan terhadap praktek kegiatan belajar yang sudah dilakukan dengan pendekatan tersebut. Beberapa referensi menunjukkan bagaimana implementasi EDP pada kegiatan belajar di Sekolah Dasar. Salah satunya adalah yang disebut sebagai *Engineering is Elementary* (Cunningham and Hester, 2007) yang menggunakan EDP dengan siklus dalam Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Siklus *Engineering Design Process*

Melalui siklus ini, siswa beraktivitas secara terstruktur untuk membuat suatu rancangan solusi masalah nyata yang dibawa ke dalam kegiatan belajar.

2. Penyusunan modul pembelajaran

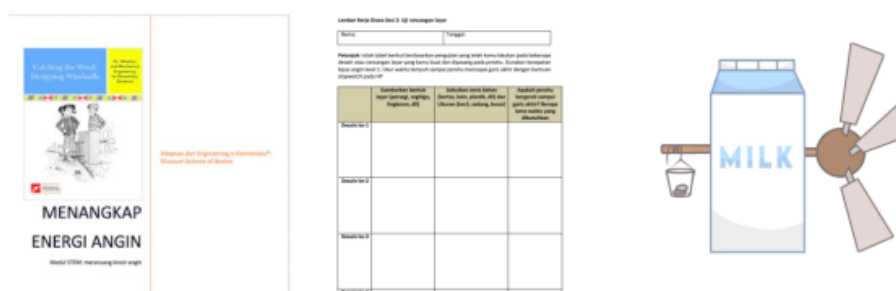
Dari referensi yang didapatkan, tim pengabdian menyusun modul pembelajaran untuk diterapkan siswa SD dengan topik Energi. Sesuai peta kurikulum SD, materi energi menjadi salah satu tema belajar siswa kelas 4 dengan kajian pada pemanfaatan energi angin.

Modul ini terdiri dari 3 sesi dengan kerangka dalam Gambar 2 berikut.

Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3
<ul style="list-style-type: none"> • Menunjukkan konteks masalah nyata • Mengenalkan budaya dan ciri khusus suatu negara 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengenalkan konsep dasar melalui <i>hands on learning</i> yaitu pengamatan dan percobaan 	<ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan dan melakukan tiap tahap pada siklus EDP melalui kegiatan perancangan suatu teknologi

Gambar 2 Kerangka modul pembelajaran

Pada sesi 1 modul ini, siswa diminta memahami konteks masalah nyata yang dihadapi dan harus dicari solusinya melalui pemahaman bacaan. Percobaan untuk mengetahui faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam perancangan teknologi dipelajari melalui kegiatan di sesi 2. Sedangkan sesi 3 ditujukan untuk memberikan panduan kepada siswa dalam melakukan tahapan EDP secara terstruktur.



Gambar 3 Gambaran Modul Pembelajaran

3. Diskusi modul pembelajaran dengan guru/fasilitator

Untuk memperoleh masukan dari pengguna modul, tim pengabdian melakukan diskusi dengan guru/fasillitator dan orang tua siswa. Beberapa

perbaikan yang dilakukan tim setelah diskusi antara lain adalah memperbaiki isi bacaan supaya lebih mudah dipahami siswa dan memberikan panduan berupa video. Modul pembelajaran diilustrasikan dalam Gambar 3.

4. Pengembangan video tutorial

Sebagai pendamping modul, tim pengabdian membuat video pembelajaran yang berisi panduan penggunaan modul, mengingat bahwa kegiatan pembelajaran akan dilakukan siswa di rumah. Gambar 4 mencontohkan cuplikan video pembelajaran.



<https://youtu.be/iHpwtsJ87vU>

<https://youtu.be/PK3563A3fS8>

Gambar 4 Gambaran Video Pembelajaran

5. Diseminasi modul pembelajaran

Di tahap ini, tim pengabdian memberikan modul pembelajaran secara bertahap kepada siswa kelas 4 SD Alam Bengawan Solo melalui orang tua. Tim menyediakan modul sekaligus dengan alat-alat dan bahan yang diperlukan untuk kegiatan belajar tiap siswa. Dalam Gambar 5, kegiatan belajar mandiri dilakukan oleh anak.



Gambar 5 Kegiatan Belajar Mandiri Siswa Sekolah Alam

KESIMPULAN

Dari kegiatan pengabdian ini, dapat diambil kesimpulan bahwa aktifitas berbasis *Engineering Design* untuk pembelajaran STEM bisa dilakukan anak di rumah dengan pendampingan orang tua. Anak akan memiliki pemahaman tentang tahapan dalam *Engineering Design* dan mampu menarik kesimpulan dari eksperimen dan rancangan yang dibuat. Kegiatan pembelajaran STEM berbasis *Engineering Design* memberikan kesempatan anak untuk melakukan kegiatan bersama semua anggota keluarga di rumah.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Sebelas Maret atas hibah yang diberikan untuk pelaksanaan kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

Tipmontiane, K., & Williams, P. J. (2022). *ASEAN Journal of Science and The Integration of the Engineering Design Process in Biology-related STEM Activity: A Review of Thai Secondary Education*. 1(1), 1–10.

<https://doi.org/10.17509/ajsee.v2i1.35097>

- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A Framework for Quality K-12 Engineering Education: Research and Development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- Hynes, M., Milto, E., & Hammer, D. (2011). *DigitalCommons @ USU Infusing Engineering Design into High School STEM Courses*.
- Berland, L., Steingut, R., & Ko, P. (2014). High School Student Perceptions of the Utility of the Engineering Design Process: Creating Opportunities to Engage in Engineering Practices and Apply Math and Science Content. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 705–720. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9498-4>
- Syukri, M., Soewarno, S., Halim, L., & Mohtar, L. E. (2018). The impact of engineering design process in teaching and learning to enhance students' science problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 66–75. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.12297>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Lin, K. Y., Wu, Y. T., Hsu, Y. T., & Williams, P. J. (2021b). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9>
- Song, T., Becker, K., Gero, J., Deberard, S., Lawanto, O., & Reeve, E. (2016). Problem decomposition and recomposition in engineering design: A comparison of design behavior between professional engineers, engineering seniors, and engineering freshmen. *Journal of Technology Education*, 27(2), 37–56. <https://doi.org/10.21061/jte.v27i2.a.3>
- Lin, K. Y., Wu, Y. T., Hsu, Y. T., & Williams, P. J. (2021c). Effects of infusing the

engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9>

Widiastuti, I., Budiyanto, C. W., & Ramli, M. (2020). *Pre-service Teacher Conceptions of Integrated STEM Using the Engineering Design Approach*. 106–111. <https://doi.org/10.1109/TALE48869.2020.9368382>

Guzey, Siddika Selcen, Moore, T. J., & Harwell, M. (2016). *Building Up STEM: An Analysis of Teacher-Developed Engineering Design-Based STEM Integration Curricular Materials*. 6(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1129>

Alfonseca, E., Carro, R. M., Martín, E., Ortigosa, A., & Paredes, P. (2006). The impact of learning styles on student grouping for collaborative learning: A case study. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 16(3–4), 377–401. <https://doi.org/10.1007/s11257-006->

Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). Incorporating Engineering Design Challenges into STEM Courses. *Digital Commons @ USU*, 0426421, 1–68.

Ayop, S. K. (2019). *Engineering Design Process in Stem Education : A Systematic Review*. April. <https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v9-i5/5998>