

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK TERINTEGRASI STEM PADA
MATERI TRANSPOR DAN PERTUKARAN ZAT PADA
MANUSIA FASE F DI SMA/MA**

Dinda Aulia Fadilah¹, Ade Dewi Maharani², Aulia Afza³

¹Pendidikan Biologi Universitas PGRI Sumatera Barat

²Pendidikan Biologi Universitas PGRI Sumatera Barat

³Pendidikan Biologi Universitas PGRI Sumatera Barat

Alamat e-mail : [1dindaauliafadilah54@gmail.com](mailto:dindaauliafadilah54@gmail.com), Alamat e-mail :

[2adedewimaharani@gmail.com](mailto:adedewimaharani@gmail.com), Alamat e-mail : [3auliaafzabio@stkip-pgri-sumbar.ac.id](mailto:auliaafzabio@stkip-pgri-sumbar.ac.id)

ABSTRACT

This study was motivated by the low level of student engagement in biology learning, particularly in the topic of the human respiratory system at phase F. The worksheets (LKPD) commonly used in schools are still conventional, consisting mostly of practice questions without real activities, which makes students passive, easily bored, and less able to understand concepts. Therefore, this research aims to develop a Project-Based Learning Worksheet integrated with STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) that is valid and practical for use in biology learning at the senior high school level. The research employed a Research and Development (R&D) design using the 4-D model (Define, Design, Develop, and Disseminate), limited to the develop stage. Data were collected through expert validation and practicality tests by teachers and students. The data were analyzed descriptively and quantitatively using percentages. The results indicated that the developed worksheet achieved a validity score of 96.10% categorized as very valid, covering aspects of content feasibility, language, didactics, and graphics. The practicality test conducted by three biology teachers obtained a score of 95% (very practical), while the test by 31 students reached 92% (very practical). These findings demonstrate that the STEM-integrated project-based worksheet is not only attractive and easy to use but also enhances students' active participation, contextual understanding, and meaningful learning. Thus, this product is feasible to be used as an alternative teaching material to support the implementation of the Merdeka Curriculum and to improve the quality of biology learning.

Keywords: *Worksheet, STEM, Project-Based Learning, Biology, Human Respiratory System*

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya keterlibatan siswa dalam pembelajaran biologi, khususnya pada materi sistem pernapasan manusia fase F. LKPD yang digunakan di sekolah masih bersifat konvensional, berisi soal latihan tanpa aktivitas nyata sehingga siswa cenderung pasif, mudah bosan, dan mengalami kesulitan memahami konsep. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis proyek terintegrasi STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) yang valid dan praktis digunakan pada pembelajaran biologi di SMA/MA. Metode penelitian yang

digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model 4-D yang meliputi tahap define, design, develop, dan disseminate, namun dibatasi sampai tahap develop. Data diperoleh melalui uji validitas oleh ahli serta uji praktikalitas oleh guru dan peserta didik. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif menggunakan persentase Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan memperoleh skor validitas sebesar 96,10% dengan kategori sangat valid, meliputi aspek kelayakan isi, kebahasaan, didaktik, dan kegrafikan. Uji praktikalitas oleh tiga guru biologi mencapai skor 95% (sangat praktis), sedangkan uji praktikalitas oleh 31 peserta didik memperoleh skor 92% (sangat praktis). Temuan ini membuktikan bahwa LKPD berbasis proyek terintegrasi STEM tidak hanya menarik dan mudah digunakan, tetapi juga mampu membantu siswa belajar lebih aktif, kontekstual, dan bermakna. Dengan demikian, produk ini layak dijadikan alternatif bahan ajar untuk mendukung implementasi Kurikulum Merdeka dan meningkatkan kualitas pembelajaran biologi.

Kata kunci: LKPD, STEM, Proyek, Biologi, Sistem Pernapasan Manusia.

A. Pendahuluan

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif untuk menghadapi tantangan global yang semakin kompleks. Keterampilan tersebut merupakan bagian dari *Profil Pelajar Pancasila* yang menjadi dasar implementasi Kurikulum Merdeka. Oleh karena itu, pembelajaran di sekolah tidak lagi hanya berorientasi pada penguasaan materi, tetapi diarahkan untuk melatih peserta didik dalam memecahkan masalah, mengembangkan karakter, serta menghubungkan konsep-konsep ilmiah dengan kehidupan nyata (Sani, 2019). Dengan demikian, guru dituntut untuk menghadirkan proses pembelajaran yang aktif, inovatif, dan

kontekstual sesuai dengan kebutuhan abad ke-21.

Salah satu komponen penting yang dapat mendukung keberhasilan proses pembelajaran adalah bahan ajar. Bahan ajar yang baik tidak hanya memuat materi, tetapi juga mampu memandu peserta didik belajar secara aktif dan mandiri. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan salah satu bentuk bahan ajar cetak yang efektif karena berisi aktivitas, petunjuk, serta tugas yang membantu peserta didik memahami konsep secara bertahap dan terstruktur (Astuti & Yuniarti, 2021). Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa LKPD yang digunakan di sekolah masih bersifat konvensional, didominasi latihan soal tanpa aktivitas nyata. Hasil analisis kebutuhan di SMA

Negeri 1 Bonjol mengungkapkan bahwa sebagian besar siswa menilai LKPD yang ada masih membosankan, kurang menantang, serta tidak mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari. Akibatnya, siswa cenderung pasif, mudah lupa terhadap konsep, dan kesulitan memahami materi biologi yang abstrak.

Materi sistem pernapasan manusia merupakan salah satu topik yang sering dianggap sulit oleh peserta didik. Sebagian besar siswa hanya menghafal istilah biologis seperti trakea, bronkus, alveolus, inspirasi, dan ekspirasi tanpa memahami fungsinya dalam kehidupan nyata. Hal ini menyebabkan pembelajaran cenderung bersifat teoritis dan kurang bermakna. Padahal, pemahaman mendalam mengenai sistem pernapasan sangat penting karena berkaitan erat dengan kesehatan dan aktivitas sehari-hari manusia. Oleh karena itu, diperlukan inovasi bahan ajar yang mampu menghubungkan konsep-konsep biologi dengan praktik nyata, serta melibatkan siswa secara aktif dalam kegiatan pembelajaran.

Salah satu model pembelajaran yang relevan adalah *Project Based*

Learning (PJBL). Model ini menekankan keterlibatan peserta didik dalam proyek nyata untuk menemukan konsep, merancang solusi, dan menyelesaikan masalah. PJBL terbukti mampu meningkatkan motivasi, keterampilan berpikir kritis, kerja sama, serta komunikasi peserta didik (Sagala et al., 2021). Untuk memperkuat relevansinya, PJBL dapat diintegrasikan dengan pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). STEM memberikan kerangka berpikir lintas disiplin yang menekankan pada penerapan ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam memecahkan masalah kontekstual (Bybee, 2015). Integrasi PJBL dan STEM menjadikan pembelajaran lebih menarik, menantang, sekaligus mendekatkan materi pada kehidupan nyata.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dengan integrasi STEM mampu meningkatkan keterampilan abad ke-21, termasuk berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah (Dhonal & Effendi, 2021). Dalam konteks biologi, peserta didik dapat dilatih untuk membuat model organ pernapasan,

melakukan perhitungan kapasitas paru-paru, hingga merancang proyek sederhana yang berkaitan dengan kesehatan. Dengan demikian, LKPD yang dikembangkan tidak hanya menjadi lembar latihan, tetapi juga sarana belajar aktif yang memberikan pengalaman bermakna.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik berbasis proyek terintegrasi STEM pada materi transpor dan pertukaran zat pada manusia fase F di SMA/MA. Produk yang dihasilkan diharapkan valid, praktis, serta mampu meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konsep, dan keterampilan abad ke-21 siswa. Dengan adanya LKPD berbasis PJBL-STEM, pembelajaran biologi diharapkan lebih kontekstual, menarik, dan mendukung keberhasilan implementasi Kurikulum Merdeka.

B. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah *Research and Development (R&D)* dengan menggunakan model pengembangan 4-D yang terdiri atas tahap *Define, Design, Develop, dan Disseminate*. Namun, penelitian

dibatasi hanya sampai tahap *Develop*. Pada tahap *Define* dilakukan analisis kebutuhan melalui wawancara guru dan angket siswa untuk mengidentifikasi permasalahan serta karakteristik peserta didik. Tahap *Design* meliputi perancangan format LKPD, penyusunan konten sesuai capaian pembelajaran, serta pemilihan instrumen untuk uji validitas dan praktikalitas.

Tahap *Develop* dilakukan dengan pembuatan prototipe LKPD berbasis proyek terintegrasi STEM yang memuat lima tahapan pembelajaran, yaitu *Reflection, Research, Discovery, Application, dan Communication*. Produk yang dikembangkan divalidasi oleh ahli dan guru pada aspek kelayakan isi, kebahasaan, didaktik, dan kegrafikan. Selanjutnya, uji praktikalitas dilakukan oleh tiga guru biologi dan 31 siswa untuk menilai kemudahan penggunaan, efisiensi waktu, dan manfaat pembelajaran. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk persentase untuk menentukan tingkat validitas dan praktikalitas LKPD.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Tahap Pendefinisian (Define)

Tahap pendefinisian bertujuan untuk mengidentifikasi masalah dan kebutuhan yang mendasari pengembangan LKPD berbasis proyek terintegrasi STEM. Pada tahap ini dilakukan beberapa analisis, yaitu analisis ujung depan, analisis peserta didik, analisis tugas, serta analisis konsep.

a. Analisis Ujung Depan

Analisis ini diawali dengan wawancara kepada guru biologi SMA Negeri 1 Bonjol serta pengamatan terhadap proses pembelajaran. Hasilnya menunjukkan bahwa guru sudah menerapkan Kurikulum Merdeka dengan model pembelajaran saintifik, *Problem Based Learning* (PBL), dan *Project Based Learning* (PjBL). Namun, bahan ajar yang digunakan masih terbatas pada buku teks, PowerPoint, video pembelajaran, serta LKPD. LKPD yang ada cenderung hanya berupa soal latihan tanpa aktivitas nyata sehingga membuat siswa kurang aktif, mudah bosan, dan sulit mengaitkan konsep dengan fenomena sehari-hari. Hal ini berdampak pada rendahnya pemahaman konsep biologi, khususnya pada materi sistem pernapasan manusia.

b. Analisis Peserta Didik

Hasil angket yang disebarakan kepada 35 siswa fase F menunjukkan bahwa mayoritas siswa menganggap LKPD yang ada masih membosankan dan tidak memberikan pengalaman belajar yang bermakna. Sebanyak 57,14% siswa menyatakan LKPD hanya berisi teori, 65,71% menilai kurang menantang, dan 100% menyatakan belum mengaitkan materi dengan kehidupan nyata. Selain itu, 74,29% siswa menyatakan lebih tertarik apabila pembelajaran biologi dikaitkan dengan proyek sederhana, dan 80% berpendapat LKPD akan lebih bermanfaat jika memuat aktivitas yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Bahkan seluruh siswa (100%) menyatakan biologi lebih mudah dipahami jika disajikan melalui proyek. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk menghadirkan LKPD yang inovatif, menarik, dan aplikatif.

c. Analisis Tugas

Analisis ini dilakukan untuk menelaah capaian pembelajaran (CP), tujuan pembelajaran (TP), serta indikator pencapaian yang harus dipenuhi siswa dalam materi sistem pernapasan manusia fase F. Kompetensi yang harus dikuasai

siswa meliputi pemahaman struktur organ pernapasan, mekanisme pernapasan, proses pertukaran gas, hingga kaitannya dengan gangguan sistem pernapasan. Berdasarkan hasil analisis, dirumuskan bahwa LKPD yang akan dikembangkan harus membantu siswa memahami konsep melalui aktivitas proyek yang menekankan penerapan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika (STEM).

d. Analisis Konsep Analisis konsep dilakukan dengan mengkaji materi sistem pernapasan manusia, meliputi struktur organ (hidung, faring, laring, trakea, bronkus, alveolus), mekanisme inspirasi dan ekspirasi, serta pertukaran oksigen dan karbon dioksida. Konsep ini kemudian diuraikan dalam bentuk peta konsep yang menjadi dasar dalam penyusunan isi LKPD. Dengan demikian, LKPD tidak hanya berfungsi sebagai latihan soal, tetapi juga memandu siswa untuk membangun konsep melalui aktivitas berbasis proyek.

2. Tahap Perancangan (Design)

Tahap perancangan bertujuan untuk menghasilkan draft awal LKPD berbasis proyek terintegrasi STEM.

Pada tahap ini, terdapat beberapa langkah yang dilakukan, yaitu pemilihan format, penyusunan rancangan isi, dan perencanaan instrumen penilaian.

a. Pemilihan Format LKPD Format LKPD dirancang agar sistematis, komunikatif, dan menarik secara visual. Bagian awal memuat identitas, petunjuk belajar, capaian pembelajaran, serta tujuan pembelajaran. Bagian isi menyajikan aktivitas berbasis proyek dengan langkah-langkah terstruktur sesuai sintaks PjBL terintegrasi STEM. Sedangkan bagian akhir berisi soal evaluasi berbasis HOTS (C2–C5) serta rubrik penilaian. Desain visual menggunakan kombinasi warna biru, kuning, dan abu-abu elektrik, disertai ilustrasi dan gambar organ pernapasan untuk menambah daya tarik.

b. Perancangan Kegiatan Pembelajaran



Struktur aktivitas dalam LKPD

dirancang berdasarkan lima tahapan PjBL-STEM (Rush, 2010), yaitu:

1. Reflection (Ayo Belajar!), diajak untuk mengamati wacana dan gambar, lalu menjawab pertanyaan pemantik agar mampu merumuskan masalah.
2. Research (Ayo Investigasi!), siswa mencari informasi melalui bacaan, kode batang menuju video, dan sumber lain yang relevan.
3. Discovery (Ayo Merancang!) – siswa membuat rancangan proyek, menentukan alat dan bahan, serta menyusun prosedur kerja.
4. Application (Ayo Uji Karyamu!) – siswa menguji proyek, mencatat hasil pengamatan, serta menganalisis data yang diperoleh.
5. Communication (Ayo Sampaikan Hasil Karyamu!) – siswa menyusun laporan, menulis kesimpulan, dan mempresentasikan hasil proyek di depan kelas.

Setiap tahap tidak hanya mengintegrasikan aspek sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, tetapi juga melatih keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas.

c. Perencanaan Instrumen Penilaian Untuk menilai kelayakan produk,

disiapkan instrumen validitas dan praktikalitas. Instrumen validitas mencakup aspek isi, kebahasaan, didaktik, dan kegrafikan yang akan dinilai oleh ahli. Instrumen praktikalitas mencakup kemudahan penggunaan, efisiensi waktu, dan manfaat, yang akan dinilai oleh guru dan siswa. Selain itu, pada bagian akhir LKPD disediakan soal evaluasi berupa pilihan ganda untuk mengukur tingkat pemahaman siswa setelah menggunakan produk.

3. Tahap Pengembangan (Develop)

Tabel 1. Hasil uji validitas LKPD Berbasis Proyek Terintegrasi STEM oleh dosen

No	Aspek	Validator		Jumlah	Nilai Validasi	Kriteria
		V1	V2			
1	Kelayakan Isi	44	50	94	94%	Sangat valid
2	Aspek Kebahasaan	18	20	38	95%	Sangat valid
3	Aspek Didaktif	-	30	30	100%	Sangat valid
4	Aspek Kegrafikan	-	62	62	95,38%	Sangat valid
Total					96,10%	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel diatas, Menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek terintegrasi STEM berada

pada kategori sangat valid dengan rata-rata skor 96,10% pada aspek kelayakan isi, kebahasaan, didaktik, dan kegrafikaan.

Pada Uji Validasi ini saran dari Validator pertama diantaranya yaitu periksa kembali setiap kutipan teori dan author, komparasi teori yang digunakan dengan buku-buku perguruan tinggi, dan pemutaran video disesuaikan dengan kecepatan siswa. Sedangkan untuk saran dari Validator kedua yaitu sesuaikan tujuan pembelajaran dan capaian pembelajaran perelemen, cocokkan keterangan gambar dengan panah dan penulisan judul gambar dan sumber dengan baik.

a. Uji Praktikalitas Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Proyek Terintegrasi STEM

1) Praktikalitas oleh guru

Hasil uji praktikalitas oleh guru

Tabel 2. Hasil uji praktikalitas LKPD Berbasis Proyek Terintegrasi STEM oleh Guru

No	Aspek	Skor	Jml	Skor Maks	Nilai	Kriteria
1	Kemudahan Penggunaan	90	90	90	100%	Sangat Praktis
2	Efisiensi Waktu Pembelajaran	43	43	45	96%	Sangat Praktis
3	Manfaat	68	68	75	91%	Sangat

						Praktis
	Total				286%	
	Rata-rata				95%	Sangat Praktis

Berdasarkan Tabel 13. Didapat hasil uji praktikalitas pada guru diperoleh nilai 95%, yang menyatakan bahwa lembar kerja peserta didik berbasis proyek terintegrasi STEM memiliki kriteria sangat praktis. Penilaian ini mencakup tiga aspek, yaitu kemudahan penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran, dan manfaat.

2) Praktikalitas Oleh Peserta Didik

Hasil uji praktikalitas oleh peserta didik

Tabel 3. Hasil uji praktikalitas LKPD Berbasis Proyek Terintegrasi STEM oleh Peserta Didik

No	Aspek	Skor	Jml	Skor Maks	Nilai	Kriteria
1	Kemudahan Penggunaan	578	578	620	93%	Sangat Praktis
2	Efisiensi Waktu Pembelajaran	278	278	310	90%	Sangat Praktis
3	Manfaat	721	721	775	93%	Sangat Praktis
	Total				276%	
	Rata-rata				92%	Sangat Praktis

Berdasarkan Tabel 14. Diketahui hasil uji praktikalitas pada peserta didik dengan rata-rata kepraktisan sebesar 92% yang terdiri dari tiga aspek, yaitu kemudahan penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran, dan manfaat.

Pembahasan

1)Validitas LKPD Berbasis Proyek Terintegrasi STEM

Hasil analisis angket validitas yang diisi oleh dosen menunjukkan bahwa lembar kerja peserta didik berbasis proyek terintegrasi STEM memperoleh rata-rata skor sebesar 96,10%, yang termasuk dalam kategori sangat valid. Penilaian ini mencakup aspek kelayakan isi, kebahasaan, didaktik, dan kegrafikan.

Aspek kelayakan isi dari lembar kerja peserta didik berbasis proyek terintegrasi STEM pada materi sistem pernapasan manusia memperoleh skor validitas sebesar 94%, yang termasuk dalam kategori sangat valid. Hal ini dapat dilihat dari kesesuaian isi dengan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran. Kesesuaian LKPD dengan kebutuhan Peserta didik, Kebenaran Substansi materi pada LKPD, Manfaat LKPD untuk penambah wawasan pengetahuan,

serta LKPD dengan kesesuaian isinya mengarahkan proses pembelajaran menjadi lebih efektif. Hal ini sejalan dengan pendapat Lestari dan Muchlis, (2021) sebuah bahan ajar dapat dikatakan valid jika telah sesuai isi dan konstruksinya, yakni sesuai dengan tuntutan kurikulum, penyajian materi telah sesuai dengan indikator, isi bahan ajar sesuai dengan materi serta penyajian gambar dan ilustrasi relevan dengan materi. Pendapat Irawati dan Elmubarak (2015) juga mengatakan bahwa bahan ajar yang digunakan sangat menentukan pencapaian setiap kompetensi dasar yang ditetapkan. Bahan ajar yang memenuhi kriteria baik akan melahirkan sebuah proses pembelajaran yang efektif.

2)Praktikalitas LKPD Berbasis Proyek Terintegrasi STEM Oleh Guru dan Peserta Didik

Berdasarkan analisis praktikalitas yang diisi oleh guru dan peserta didik menunjukkan kriteria sangat praktis. Dari analisis angket yang diisi oleh guru diperoleh rata-rata nilai sebesar 95%, sementara angket yang diisi oleh 31 peserta didik di kelas F1, diperoleh rata-rata nilai 92%. Angket ini mencakup tiga aspek yang

harus diisi oleh peserta didik, yaitu kemudahan penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran, dan manfaat penggunaan aplikasi tersebut.

Pada aspek manfaat, lembar kerja peserta didik berbasis proyek terintegrasi STEM mengenai materi sistem pernapasan manusia terbukti melalui hasil uji praktikalitas yang menunjukkan bahwa dari sudut pandang guru, LKPD berbasis proyek terintegrasi STEM tersebut dinilai sangat praktis dengan nilai persentase 91%. Di sisi lain, dari perspektif peserta didik, LKPD berbasis proyek terintegrasi STEM tersebut juga dinilai sangat praktis dengan persentase 93%. Aspek manfaat ini dapat dikatakan praktis karena bahasa materi sesuai dengan kemampuan peserta didik fase F, bahasa instruksi langkah-langkah pembelajaran mudah dipahami, tampilan sampul menimbulkan ketertarikan mempelajari isi LKPD, tampilan isi LKPD menimbulkan ketertarikan untuk memiliki LKPD serta soal evaluasi membantu meningkatkan pemahaman peserta didik.

Aspek kemudahan penggunaan pada lembar kerja

peserta didik berbasis proyek terintegrasi STEM mengenai materi sistem pernapasan manusia berdasarkan hasil uji praktikalitas pada guru menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek terintegrasi STEM tersebut dinilai sangat praktis dengan persentase 100%.

Sejalan dengan pendapat Rosmana, et al, (2024) yang mengatakan bahwa tujuan LKPD yaitu melaksanakan pembelajaran tidak bersangkut orang lain atau kemandirian peserta didik berpengalaman dan tidak menjadi sumber utama. Guru menggabungkan buku paket dengan media pembelajaran dikemas dengan penuh interaktif, menarik, sehingga peserta didik termotivasi dan paham yang diajarkan.

Pada aspek efisiensi waktu pembelajaran, terbukti melalui hasil uji praktikalitas yang menunjukkan bahwa dari sudut pandang guru LKPD berbasis proyek terintegrasi STEM tersebut dinilai sangat praktis dengan persentase 96%.

.E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa lembar kerja

peserta didik (LKPD) berbasis proyek terintegrasi STEM pada materi sistem pernapasan manusia fase F SMA/MA yang dikembangkan menunjukkan tingkat validitas yang sangat valid dan sangat praktis untuk digunakan.

Hasil penelitian pengembangan berupa LKPD ini diharapkan untuk digunakan bagi peserta didik dan guru sebagai alternatif bahan ajar dalam kegiatan pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriana, J., Permanasari, A., dan Fitriani, A. (2016). *Penerapan Project Based Learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains peserta didik ditinjau dari gender*. Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan IPA, 2(2), 202–212.
- Afridhonal, A., dan Effendi, E. (2021). *Pengembangan bahan ajar berbasis STEM pada materi IPA untuk meningkatkan praktikalitas pembelajaran di SMA*. Jurnal Pendidikan Sains, 9(2), 115–124.
- Aryulina, D., dkk. (2007). *Biologi 1 untuk SMA/MA kelas XI*. Jakarta: Esis.
- Astuti, I. D., dan Yuniarti, R. D. (2021). *Pengembangan lembar kerja peserta didik untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis*. Yogyakarta: Deepublish.
- Bybee, R. W. (2015). *Alasan pendidikan STEM: Tantangan dan peluang*. Arlington, VA: NSTA Press.
- El-Deghaidy, H., dan Mansour, N. (2015). *Persepsi guru sains terhadap pendidikan STEM: Kemungkinan dan tantangan*. International Journal of Learning and Teaching, 7(3).
- Erlinawati, E., Sari, D. P., dan Ramadhani, D. (2019). *Integrasi STEM dalam Project Based Learning untuk meningkatkan keterampilan abad 21 peserta didik*. Jurnal Pendidikan Sains, 7(2), 101–110.
- Faudah, L. F. (2021). *Pengembangan LKPD elektronik (E-LKPD) berbasis Problem Based Learning (PBL) bermuatan etnosains pada materi reaksi redoks kelas X di MAN 1 Cirebon* (Skripsi). Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Rosmana, A., Suryani, D., dan Putri, A. (2025). *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis Project Based Learning (PJBL) pada materi sistem pernapasan manusia*. Jurnal Pendidikan Biologi, 15(2), 123–135.
- Rush, D. L. (2010). *Pendidikan STEM terpadu melalui pembelajaran berbasis proyek*. Seattle, WA: Learning.com.
- Sagala, R., Lubis, A. H., dan Asnawi, M. (2021). *Penerapan model Project Based Learning untuk meningkatkan keterampilan abad 21 peserta didik*. Jurnal Pendidikan Sains Indonesia, 9(1), 88–95.
- Sani, R. A. (2019). *Pembelajaran abad 21*. Jakarta: Bumi Aksara.