



Pengembangan Modul Pencemaran Udara Berbasis SETS (*Science, Environment, Technology and Society*) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

^{1*}Putri Febiola Siregar, ²Hasruddin, ³Tri Harsono

¹Magister Pendidikan Biologi, Pascasarjana, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

^{2,3}Program Studi Pendidikan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

*Corresponding Author e-mail: putrifebiolaasrg@gmail.com

Received: November 2025; Revised: November 2025; Accepted: December 2025; Published: December 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta mengetahui pengaruh Modul Pencemaran Udara Berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan sikap ilmiah siswa kelas X SMA Muhammadiyah 1 Medan. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Instrumen penelitian berupa instrumen tes dan non-tes, yaitu lembar validasi standar BSNP yang dimodifikasi serta soal esai. Hasil validasi menunjukkan modul berada pada kategori sangat layak, dengan rata-rata penilaian ahli materi sebesar 4,68, ahli media sebesar 3,60, dan ahli bahasa sebesar 4,00. Hasil uji coba pembelajaran di kelas menunjukkan bahwa penggunaan modul berbasis SETS mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dengan nilai N-Gain sebesar 0,51 (kategori sedang). Selain itu, terdapat pengaruh yang signifikan penggunaan modul terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Dengan demikian, modul pencemaran udara berbasis SETS layak digunakan sebagai bahan ajar untuk mendukung pembelajaran yang bermakna dan kontekstual.

Kata Kunci: ADDIE; modul; kemampuan berpikir kritis; SETS Biologi

Abstract: This study aims to develop and examine the effect of a SETS-based (*Science, Environment, Technology, and Society*) Air Pollution Module in improving students' critical thinking skills and scientific attitudes of tenth-grade students at SMA Muhammadiyah 1 Medan. The research employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, which consists of analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The research instruments included test and non-test instruments, namely a modified BSNP-standard validation sheet and essay questions. The validation results indicate that the module is in the very feasible category, with average scores of 4.68 from material experts, 3.60 from media experts, and 4.00 from language experts. The results of classroom implementation show that the SETS-based module can improve students' critical thinking skills, with an N-Gain score of 0.51 (moderate category). Furthermore, there is a significant effect of using the module on students' critical thinking skills. Therefore, the SETS-based air pollution module is suitable for use as teaching material to support meaningful and contextual learning.

Keywords: ADDIE; module; critical thinking; SETS Biology

How to Cite: Siregar, P. F., Hasruddin, & Harsono, T. (2025). Pengembangan Modul Pencemaran Udara Berbasis SETS (*Science, Environment, Technology and Society*) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(4), 3280–3293. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i4.19457>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i4.19457>

Copyright© 2025, Siregar et al
This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Tantangan global abad ke-21, seperti pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, krisis lingkungan, serta kompleksitas permasalahan sosial, menuntut sistem pendidikan untuk menghasilkan sumber daya manusia yang memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi. Sejalan dengan kebijakan pendidikan nasional dan internasional yang menekankan penguatan kompetensi abad ke-21, peserta didik diharapkan menguasai keterampilan 4Cs (*critical thinking, creativity, communication, dan collaboration*) sebagai bekal dalam menghadapi dinamika kehidupan global. Di antara keempat keterampilan tersebut, kemampuan berpikir kritis menempati posisi sentral karena menjadi dasar bagi siswa dalam menganalisis

informasi, mengevaluasi bukti, dan mengambil keputusan secara rasional berdasarkan pemahaman konsep yang bermakna dan kontekstual (Ananiadou & Claro, 2009). Dengan demikian, pengembangan kemampuan berpikir kritis merupakan kebutuhan mendesak dalam praktik pembelajaran di sekolah.

Dalam konteks pembelajaran biologi, kemampuan berpikir kritis memiliki keterkaitan langsung dengan kedalaman pemahaman konsep dan kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan untuk memecahkan masalah nyata. Biologi tidak hanya memuat kumpulan fakta, tetapi juga menuntut siswa untuk memahami keterkaitan antarkonsep, menganalisis fenomena kehidupan, serta mengevaluasi dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan (Harefa *et al.*, 2022). Oleh sebab itu, pembelajaran biologi yang dirancang secara tepat berpotensi menjadi wahana strategis untuk melatih dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. Sebaliknya, pembelajaran yang hanya berorientasi pada penyampaian materi cenderung kurang mampu memfasilitasi berkembangnya keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Realitas di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran biologi di sekolah masih didominasi metode konvensional yang berpusat pada guru dan berorientasi pada penguasaan materi secara hafalan. Pola pembelajaran seperti ini menyebabkan siswa cenderung pasif, kurang terlatih dalam mengemukakan pendapat, serta belum terbiasa menganalisis dan mengevaluasi informasi ilmiah secara mendalam. Akibatnya, kemampuan berpikir kritis siswa belum berkembang secara optimal (Junedi *et al.*, 2024). Kesenjangan antara tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan berpikir tingkat tinggi dengan praktik pembelajaran yang masih berorientasi pada transfer informasi inilah yang menjadi research gap dan menunjukkan perlunya inovasi dalam strategi serta bahan ajar pembelajaran biologi.

Salah satu pendekatan yang berpotensi menjawab permasalahan tersebut adalah pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*). Pendekatan SETS mengintegrasikan konsep sains dengan konteks lingkungan, perkembangan teknologi, dan kehidupan masyarakat, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual, bermakna, dan relevan. Dibandingkan dengan pendekatan yang hanya menekankan penguasaan konsep, pendekatan SETS mendorong siswa untuk mengkaji hubungan sebab-akibat, menganalisis dampak, serta merumuskan solusi berbasis sudut pandang ilmiah, yang secara langsung melatih kemampuan berpikir kritis (Yusmar *et al.*, 2022). Dengan demikian, pendekatan SETS memiliki keunggulan dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dibandingkan pendekatan pembelajaran yang bersifat konvensional.

Materi pencemaran udara merupakan salah satu topik biologi yang sangat sesuai diintegrasikan dengan pendekatan SETS karena melibatkan interaksi erat antara aktivitas manusia, perkembangan teknologi, kondisi lingkungan, serta dampaknya terhadap kesehatan dan kehidupan (Rahmawati, 2023). Kompleksitas permasalahan pencemaran udara menuntut siswa untuk tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menganalisis penyebab, mengevaluasi dampak, dan merancang upaya penanggulangan secara kritis. Oleh karena itu, pembelajaran pencemaran udara berbasis SETS dipandang lebih efektif dalam memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir kritis dibandingkan pembelajaran yang semata-mata berfokus pada teori (Pudjiastuti *et al.*, 2024).

Agar pendekatan SETS dapat diimplementasikan secara optimal, diperlukan bahan ajar yang dirancang secara sistematis, kontekstual, dan berorientasi pada

pengembangan berpikir tingkat tinggi. Modul pembelajaran merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang memungkinkan siswa belajar secara mandiri, terstruktur, dan terarah melalui rangkaian aktivitas yang menuntut keterlibatan aktif. Oleh karena itu, pengembangan modul pencemaran udara berbasis SETS menjadi solusi strategis untuk menjembatani kesenjangan antara tuntutan pembelajaran abad ke-21 dan praktik pembelajaran di sekolah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta mengetahui pengaruh Modul Pencemaran Udara Berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan sikap ilmiah siswa kelas X SMA Muhammadiyah 1 Medan. Pengembangan modul ini diharapkan tidak hanya meningkatkan kualitas pembelajaran biologi, tetapi juga secara nyata berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi pencemaran udara (Yuliati, 2023).

METODE

Jenis penelitian menggunakan metode pengembangan Research and Development (R&D) yang mengadopsi model pengembangan ADDIE. Prosedur tersebut terdiri dari lima tahap, yaitu *Analysis* (Analisis), *Design* (Perencanaan), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Penelitian ini dilaksanakan di SMA Muhammadiyah 1 Medan. Subjek penelitian ini adalah kelas X-1 sebagai kelas eksperimen dan kelas X-3 sebagai kelas kontrol. Analisis kevalidan melibatkan 2 ahli materi, 2 ahli media, dan ahli bahasa untuk mengukur kelayakan modul.

Teknik pengumpulan data yang diterapkan pada penelitian ini yaitu wawancara, tes, dan angket. Penelitian ini menerapkan teknik analisis bersifat kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif diperoleh dari hasil wawancara serta saran validator selama proses validasi, sementara data kuantitatif berasal dari hasil pengembangan produk yang terdapat pada lembar validasi serta hasil pretest dan post-test. Pengukuran kevalidan modul berbasis SETS ini menggunakan skala Likert. Menghitung nilai rata-rata dari hasil validasi digunakan persamaan.

$$PS (\%) = \frac{\sum S_i}{\sum S_t} \times 100\%$$

Keterangan:

PS = Persentase Skor

$\sum S_i$ = Jumlah skor dari hasil validasi

$\sum S_t$ = Jumlah skor maksimal ideal

Tabel 1. Kriteria kelayakan modul

No	Interval presentase	Kriteria
1	0%-20%	Tidak layak
2	21%-40%	Kurang layak
3	41%-60%	Sedang
4	61%-80%	Layak
5	81%-100%	Sangat layak

(Sumber: Riduwan, 2015)

Teknik analisis data kemampuan berpikir kritis diukur pada tes kemampuan berpikir kritis, yaitu: (1) memberikan penjelasan sederhana; (2) membangun keterampilan dasar; (3) menyimpulkan; (4) memberikan penjelasan lebih lanjut; (5) Menyusun strategi dan taktik. Peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik dilakukan dengan analisis sebagai berikut:

$$\text{Nilai} = \frac{\sum \text{Nilai yang diperoleh}}{\sum \text{Nilai maksimal}} \times 100\%$$

Tabel 2. Interval kemampuan berpikir Kritis

Batas Kategori	Predikat
$83 \leq SK \leq 100$	Sangat Kritis
$66 \leq K \leq 83$	Kritis
$49 \leq CK \leq 66$	Cukup Kritis
32-49	Kurang Kritis

Keefektifan Modul Berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) untuk meningkatkan kemampuan berpikir dapat dihitung menggunakan rumus efektivitas berdasarkan hasil rata-rata (mean) pretest dan posttest siswa, maka dilakukan analisis nilai N Gain ternormalisasi. Rumus N-Gain yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$N - \text{Gain} = \frac{\text{Nilai posttest} - \text{nilai pretest}}{\text{nilai maksimum ideal} - \text{nilai pretest}}$$

Berdasarkan data yang diperoleh melalui analisis N-Gain, kategori kemampuan berpikir kritis dan sikap ilmiah peserta didik dikelompokkan sesuai dengan interpretasi mengenai kriteria N-Gain.

Tabel 3. Kriteria N-Gain

Interval Koefisien	Kriteria
$N\text{-gain} < 0,3$	Rendah
$0,3 \leq N\text{-gain} < 0,7$	Sedang
$N\text{-gain} \geq 0,7$	Tinggi

(Sumber: Sugiono, 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Analisis (Analyze)

Penelitian ini dilakukan pertama kali melalui tahap analisis. Tahap analisis ini dilakukan dengan melaksanakan survei kebutuhan peserta didik yang mencakup pengalaman belajar siswa serta faktor-faktor yang menghambat proses pembelajaran melalui analisis kebutuhan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi berdasarkan temuan lapangan terkait pengalaman belajar peserta didik dan berbagai hambatan dalam proses pembelajaran. Kegiatan yang dilakukan pada tahap analisis yaitu peneliti melakukan observasi dan wawancara terhadap guru biologi dan siswa di sekolah. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara diperoleh kesimpulan bahwa proses pembelajaran masih menggunakan metode ceramah dan diskusi serta belum tersedianya modul berbasis SETS. Hal ini sejalan dengan penelitian Putri (2021) yang menyatakan bahwa permasalahan dalam kegiatan belajar mengajar adalah keterbatasan ketersediaan modul. Oleh karena itu, pengembangan modul berbasis SETS diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan sikap ilmiah siswa.

Tabel 4. Hasil analisis awal

Aspek Analisis	Hasil Analisis Awal	Pengembangan
Kelayakan Isi	a. Modul cenderung bersifat pasif, penjelasan dan ringkasan tertulis yang dominan tanpa mendorong siswa untuk	a. Modul perlu dikembangkan dengan pendekatan berbasis masalah (<i>Problem Based Learning</i>). Setiap awal

Aspek Analisis	Hasil Analisis Awal	Pengembangan
	aktif melakukan refleksi atau eksplorasi. b. Minim aktivitas reflektif, yaitu tidak banyak terdapat sajian “cerita masalah kehidupan” yang mendorong berpikir kritis dan mendalam. c. Uraian materi belum mampu menggali informasi pembaca untuk mengembangkan proses berpikir pembaca secara mandiri. d. Ringkasan dan soal evaluatif tampak kurang variatif; soal cenderung berfokus pada kepadatan materi daripada memberikan tantangan berpikir yang lebih kritis.	bab sebaiknya menyajikan konteks nyata yang menantang pemikiran kritis siswa. b. Tambahkan studi kasus lokal, seperti pencemaran udara di Jakarta atau kabut asap di Sumatera, lalu minta siswa menganalisis penyebab dan dampaknya secara ilmiah dengan menggunakan pendekatan <i>Problem Based Learning</i> (PBL).
Kelayakan Bahasa	a. Meskipun telah disusun sesuai standar BSNP, gaya bahasa mungkin kurang variatif dan kurang engaging; misalnya, masih minim dialog atau pertanyaan pemicu diskusi. b. Tata letak teks dan visual mungkin terkesan sederhana; desain margin dan komposisi antar elemen (teks, gambar, grafik) dapat ditingkatkan agar lebih ramah bagi siswa	Disesuaikan dengan standar BSNP dan kaidah EYD, buku juga disusun dengan tata letak yang jelas serta komposisi antar elemen yang sesuai.
Kelayakan Penyajian dan Kefrafikan	a. Struktur bab kemungkinan belum secara eksplisit mencantumkan tujuan pembelajaran, peta konsep, atau penjelasan lintasan pembelajaran, sehingga dapat menyulitkan siswa memahami kerangka materi dan keterpaduannya. b. Sebagian ilustrasi masih menggunakan dua warna atau hitam putih, sehingga kurang menarik dan mungkin belum cukup mampu menggambarkan proses biologis secara jelas. c. Kurangnya tautan langsung ke video, animasi, atau QR-code yang memfasilitasi pembelajaran multimedia, padahal Kurikulum Merdeka mendorong pemanfaatan media digital.	a. Tambahkan tujuan pembelajaran di awal bab agar siswa memahami arah belajar. Lengkapi dengan peta konsep visual sehingga siswa dapat menghubungkan antar submateri secara menyeluruh. b. Tambahkan tujuan pembelajaran yang memuat kompetensi faktual, konseptual, serta keterampilan berpikir kritis. Buat peta konsep pencemaran (polutan → dampak → solusi) dalam bentuk infografik.

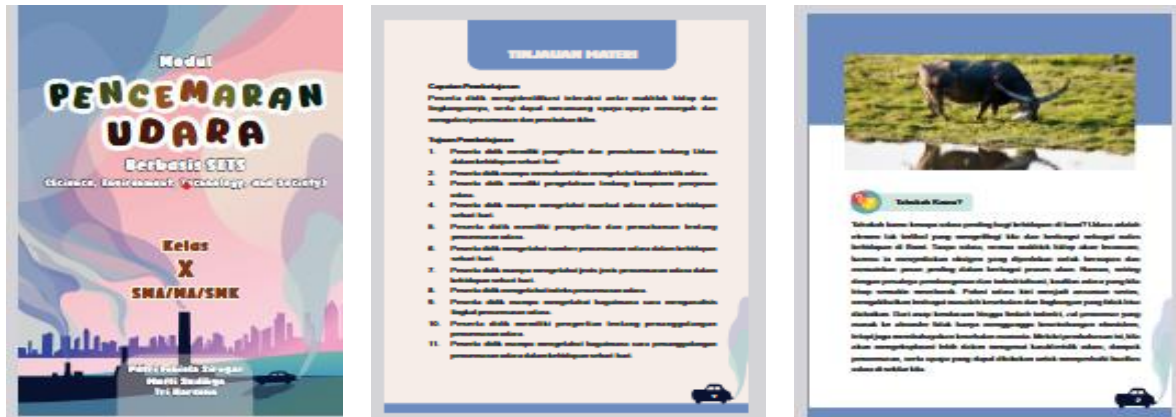
Tahap Perancangan (*Design*)

Setelah dilakukan tahap analisis, tahap selanjutnya yaitu tahap design. Pada tahap ini dilakukan pemilihan format dan perancangan produk awal sesuai dengan pendapat Harahap (2022). Selanjutnya dilakukan pengumpulan sumber atau referensi yang berkaitan dengan materi Pencemaran Udara kelas X semester genap serta perancangan modul berbasis SETS. Materi yang dimasukkan ke dalam modul disesuaikan dengan alur tujuan pembelajaran. Setelah itu, dilakukan pengumpulan gambar, animasi, serta situs web yang nantinya dapat dikunjungi sebagai referensi tambahan.

Bagian-bagian dalam modul meliputi: (1) sampul; (2) kata pengantar; (3) daftar isi; (4) petunjuk penggunaan modul; (5) tujuan pembelajaran; (6) peta konsep; (7) materi pembelajaran; (8) Ayo Menyimak; (9) Ayo Hubungkan; (10) Ayo Praktikan;

(11) Ayo Rangkum; (12) Ayo Refleksikan; (13) Ayo Kerjakan; (14) evaluasi; (15) glosarium; (16) daftar pustaka; dan (17) profil pengembang.

Setelah mengumpulkan bahan dan referensi, selanjutnya dilakukan perancangan desain modul berbasis SETS yang akan dikembangkan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain akhir modul berbasis SETS

Tahap Pengembangan

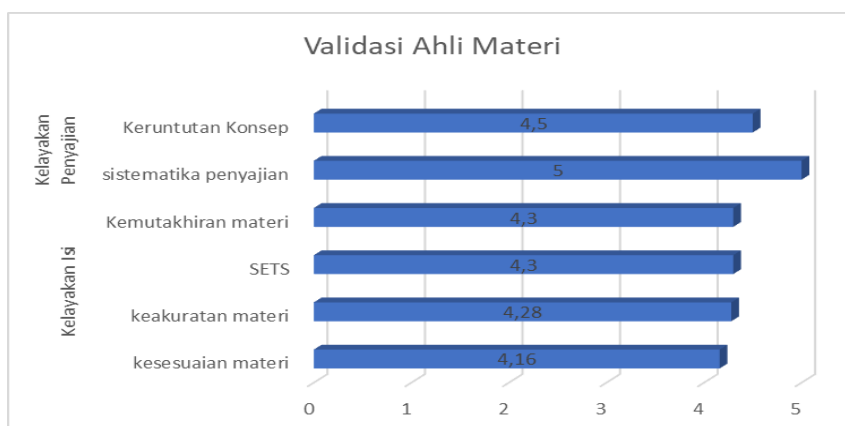
Pada tahap pengembangan, modul yang telah dirancang selanjutnya divalidasi oleh dosen ahli, yaitu dua dosen ahli materi, dua dosen ahli media, dan satu dosen ahli bahasa. Validasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan dan kevalidan modul yang dikembangkan sebelum diimplementasikan dalam pembelajaran. Uji kelayakan dilakukan melalui uji validitas dengan menggunakan instrumen berupa lembar validasi yang dirancang dan dimodifikasi berdasarkan rujukan standar BSNP.

Pada tahap ini, validator memberikan penilaian sekaligus saran perbaikan terhadap modul. Hasil revisi dari kegiatan validasi menghasilkan modul yang telah disempurnakan dan siap untuk diuji coba. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh rata-rata skor validasi ahli materi sebesar 4,58 dengan kategori sangat layak, validasi ahli media sebesar 3,60 dengan kategori sangat layak, dan validasi ahli bahasa sebesar 4,00 dengan kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modul pencemaran udara berbasis SETS memenuhi kriteria kelayakan dari segi isi, penyajian, kebahasaan, dan tampilan.

Pada penelitian ini, modul berbasis SETS diintegrasikan dengan model *Problem Based Learning* (PBL), yang merupakan salah satu model pembelajaran inovatif yang menekankan pada keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Integrasi SETS dengan PBL bertujuan untuk mengaitkan konsep sains dengan konteks lingkungan, teknologi, dan masyarakat melalui permasalahan nyata. Model PBL sangat mendukung keberhasilan pembelajaran karena melibatkan siswa dalam proses pemecahan masalah melalui tahapan metode ilmiah, sehingga siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan sikap ilmiah (Rini *et al.*, 2020).

Hasil Validasi Ahli Materi

Berdasarkan uji validitas yang dilakukan oleh ahli terdapat beberapa catatan perbaikan untuk menyempurnakan modul. Hasil rata-rata persentase uji validitas oleh validator ahli Materi dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3. dan Gambar 4.



Gambar 2. Hasil validasi dosen ahli materi

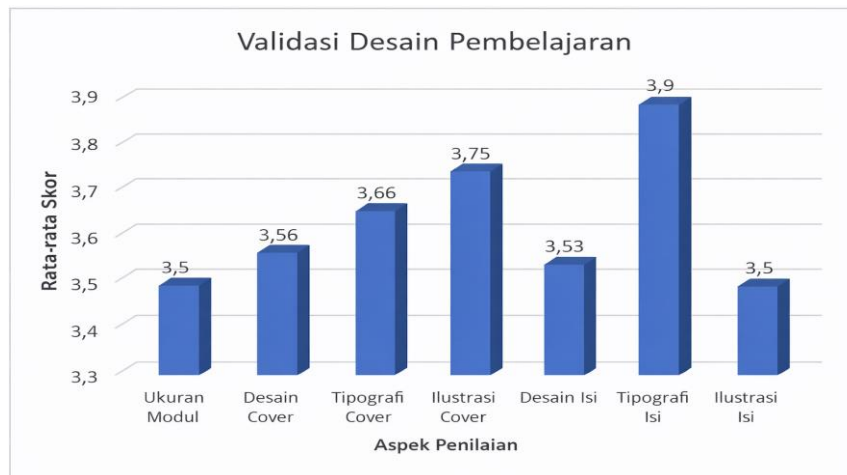
Berdasarkan Gambar 1, hasil rata-rata validasi ahli materi sebesar 4,58 dengan kategori sangat layak. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi (2023) yang menyatakan bahwa bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan siswa memungkinkan mereka mengekspresikan kreativitas melalui materi yang diajarkan. Validasi ahli materi terhadap kelayakan isi dan penyajian suatu bahan ajar atau modul dinilai berdasarkan enam indikator.

Secara umum, seluruh aspek memperoleh skor tinggi dalam rentang 4,16 hingga 5,00, yang menunjukkan bahwa bahan ajar tersebut tergolong sangat layak. Pada aspek kelayakan penyajian, indikator sistematika penyajian memperoleh skor tertinggi, yaitu 5,00. Indikator keruntutan konsep juga memperoleh nilai tinggi, yaitu 4,50. Sementara itu, pada aspek kelayakan isi, indikator kemutakhiran materi dan pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) masing-masing memperoleh nilai 4,30. Indikator keakuratan materi memperoleh nilai 4,28. Adapun kesesuaian materi dengan kurikulum dan capaian pembelajaran memperoleh nilai 4,16.

Hasil Validasi Ahli Desain Pembelajaran

Validasi ahli desain pembelajaran dikaji oleh dosen pendidikan biologi. Penilaian validator ahli media berfokus pada tampilan produk yang dikembangkan dengan mempertimbangkan berbagai aspek, mulai dari ukuran modul, desain sampul, tata letak halaman, pemilihan jenis dan ukuran huruf, kombinasi warna, hingga kualitas ilustrasi dan gambar yang digunakan. Selain itu, penilaian juga mencakup keterbacaan teks, konsistensi format, serta kesesuaian desain dengan karakteristik peserta didik.

Hasil validasi ahli media menunjukkan bahwa modul berada pada kategori sangat layak, yang menandakan bahwa tampilan visual modul sudah menarik, komunikatif, dan mampu mendukung proses pembelajaran. Tampilan yang baik diharapkan dapat meningkatkan minat baca siswa, membantu pemahaman materi, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih efektif dan menyenangkan.



Gambar 3. Hasil validasi ahli desain pembelajaran

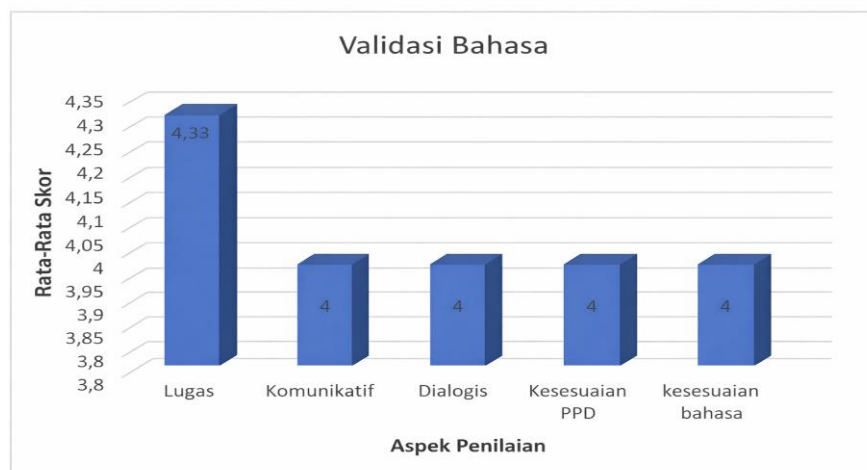
Berdasarkan Gambar 3, diperoleh hasil validasi ahli media terhadap aspek visual dan desain modul pembelajaran dengan nilai rata-rata sebesar 3,64 pada kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa modul layak untuk diuji cobakan serta memiliki tampilan yang menarik dan selaras dengan kebutuhan serta karakteristik siswa.

Terdapat tujuh komponen yang divalidasi, yaitu ukuran modul, desain sampul (cover), tipografi sampul, ilustrasi sampul, desain isi, tipografi isi, dan ilustrasi isi. Aspek yang memperoleh nilai tertinggi adalah tipografi isi dengan skor mendekati 3,90 (sangat layak), disusul oleh ilustrasi cover dengan skor 3,75 (sangat layak) dan tipografi sampul dengan skor 3,66 (sangat layak).

Sementara itu, aspek dengan skor terendah adalah ilustrasi isi dan ukuran modul yang memperoleh nilai 3,5 (sangat layak). Begitu pula dengan desain cover dan desain isi yang masing-masing memperoleh skor 3,53 (sangat layak). Meskipun demikian, seluruh aspek tetap berada pada kategori sangat layak, sehingga modul dinilai memenuhi kriteria kelayakan dari segi tampilan dan desain visual.

Hasil Validasi Ahli Bahasa

Validasi ahli bahasa dikaji oleh dosen pendidikan Bahasa Indonesia. Penilaian validator ahli bahasa berfokus pada aspek kebahasaan dalam produk yang dikembangkan, dengan mempertimbangkan berbagai hal mulai dari lugas, komunikatif, dialogis, kesesuaian PPD, dan Kesesuaian bahasa.



Gambar 4. Hasil validasi ahli bahasa

Berdasarkan Gambar 4, hasil validasi ahli bahasa menunjukkan penilaian terhadap lima aspek kebahasaan dalam modul, yaitu kelugasan, komunikatif, dialogis, kesesuaian dengan perkembangan peserta didik (PPD), serta kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia, dengan perolehan nilai rata-rata sebesar 4,0 pada kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum penggunaan bahasa dalam modul telah memenuhi kriteria kelayakan dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran.

Dari kelima aspek tersebut, kelugasan memperoleh nilai tertinggi, yaitu sekitar 4,33. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bahasa dalam modul sudah sangat jelas, langsung, dan mudah dipahami oleh peserta didik. Nilai ini termasuk dalam kategori sangat layak, yang menandakan bahwa penyampaian informasi dalam modul telah efektif dan tidak bertele-tele.

Aspek komunikatif memperoleh nilai sekitar 4,0, yang menunjukkan bahwa modul cukup mampu menyampaikan pesan dengan baik kepada pembaca. Meskipun demikian, masih terdapat peluang untuk meningkatkan daya tarik bahasa agar dapat membangun hubungan yang lebih erat dengan siswa. Selanjutnya, aspek dialogis juga memperoleh skor yang hampir sama, yaitu sekitar 3,95 dengan kategori sangat layak, yang mengindikasikan bahwa modul telah memuat interaksi berupa pertanyaan atau ajakan yang dapat mendorong keterlibatan siswa dalam pembelajaran.

Tahap Implementasi (*Implementation*)

Tahap selanjutnya setelah pengembangan adalah tahap implementasi, yaitu tahap uji coba produk berupa modul berbasis SETS pada materi pencemaran udara. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli–Agustus dengan melibatkan sampel peserta didik kelas X IPA 1 sebagai kelas eksperimen dan kelas X IPA 3 sebagai kelas kontrol. Pelaksanaan penelitian dilakukan secara tatap muka di SMA Muhammadiyah 1 Medan.

Kegiatan pembelajaran diawali dengan pertemuan pertama berupa pengenalan, pembukaan pembelajaran, serta pemberian tes kemampuan awal (pretest) untuk mengetahui kemampuan awal siswa terkait materi pencemaran udara. Selanjutnya, pembelajaran dilaksanakan menggunakan modul berbasis SETS. Guru mengarahkan siswa untuk membuka bagian awal modul, yaitu gambaran materi pada awal bab, kemudian siswa diminta mengakses video pembelajaran yang tersedia di dalam modul.

Selama proses pembelajaran, guru memberikan pertanyaan pemantik untuk mendorong siswa berpikir kritis dan mengaitkan materi dengan permasalahan nyata di lingkungan sekitar. Siswa kemudian dibagi ke dalam lima kelompok untuk mendiskusikan dan menganalisis permasalahan yang diberikan oleh guru. Siswa dapat mengakses dan membaca materi diskusi yang tersedia dalam modul sebagai sumber belajar. Hasil diskusi kelompok disusun dalam bentuk laporan dan dipresentasikan di depan kelompok lain.

Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, siswa diberikan tes akhir (posttest) untuk mengetahui perkembangan kemampuan berpikir kritis siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan modul berbasis SETS. Tahap implementasi ini bertujuan untuk mengetahui keterlaksanaan modul dalam pembelajaran serta respons siswa terhadap penggunaan modul. Selain itu, tahap ini juga berfungsi untuk mengidentifikasi efektivitas modul dalam membantu siswa memahami konsep pencemaran udara serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui kegiatan pemecahan masalah, diskusi, dan presentasi.

Penerapan modul berbasis SETS yang terintegrasi dengan model *Problem Based Learning* (PBL) dinilai mampu menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna karena siswa dilibatkan secara aktif dalam mengkaji permasalahan kontekstual, mengumpulkan informasi, serta merumuskan solusi secara ilmiah (Rini *et al.*, 2020). Hal ini sejalan dengan pendapat Trianto (2017) yang menyatakan bahwa PBL dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk kemampuan berpikir kritis, melalui aktivitas pemecahan masalah secara sistematis.

Tahap Evaluasi (Evaluation)

Tahap terakhir yaitu tahap evaluasi. Tahapan ini bertujuan untuk melihat adanya pengaruh penggunaan modul berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) terhadap kemampuan berpikir kritis dan sikap ilmiah siswa. Selain itu, tahap evaluasi juga digunakan untuk mengetahui adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa melalui hasil uji N-Gain.

Uji N-Gain diterapkan untuk mengidentifikasi peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah diberikan perlakuan. Hasil perhitungan N-Gain menunjukkan nilai sebesar 0,51 dengan kategori sedang. Hasil ini sejalan dengan penelitian Khasanah (2025) yang menyatakan bahwa penggunaan modul memiliki pengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis, di mana peserta didik yang belajar menggunakan modul berbasis SETS memiliki tingkat kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi.

Peningkatan ini menunjukkan bahwa modul berbasis SETS mampu membantu siswa dalam memahami konsep secara lebih bermakna melalui pengaitan antara sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat. Selain itu, kegiatan pembelajaran yang terstruktur dalam modul juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk menganalisis permasalahan, mengemukakan pendapat, serta menarik kesimpulan secara logis.

Hal tersebut sejalan dengan pendapat Hasruddin (2025) yang menyatakan bahwa berpikir kritis merupakan proses disiplin intelektual secara aktif dan terampil dalam membuat konsep, menerapkan, menganalisis, mensintesis, serta mengevaluasi informasi. Dengan demikian, penggunaan modul berbasis SETS dapat menjadi salah satu alternatif bahan ajar yang efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Rata-rata N-Gain dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabel rata data N-gain

Kelompok	Pretest	Posttest	Gain	N-Gain	Kriteria
Eksperimen	33	68	35	0,514	Sedang

Berdasarkan data di Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa nilai N-Gain pada kelompok eksperimen sebesar 0,514 dengan kategori sedang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul pencemaran udara berbasis SETS efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Berdasarkan analisis data, terdapat peningkatan yang signifikan antara hasil pretest dan posttest. Kriteria kemampuan berpikir kritis pada setiap indikator disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria kemampuan berpikir kritis tiap indikator

No.	Indikator Berpikir Kritis	Rata-Rata (%) (Kontrol)	Kategori	Rata-Rata (%) (Eksperimen)	Kategori
1.	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	59,6	Cukup Kritis	80,53	Kritis
2.	Membangun keterampilan dasar	41,33	Cukup Kritis	67,33	Kritis

No.	Indikator Berpikir Kritis	Rata-Rata (%) (Kontrol)	Kategori	Rata-Rata (%) (Eksperimen)	Kategori
3.	Menyimpulkan	36	Kurang	73,33	Kritis
4.	Memberikan penjelasan lebih lanjut	43,33	Cukup Kritis	66	Kritis
5.	Menyusun strategi dan taktik	40,67	Cukup Kritis	60	Kritis
Rata-rata		4.5	Cukup Kritis	69.5	Kritis

Berdasarkan Tabel 7, soal yang disajikan dalam bentuk esai berjumlah 10 butir. Hasil yang dicapai mengindikasikan bahwa kemampuan berpikir kritis pada setiap indikator mengalami peningkatan yang signifikan. Indikator berpikir kritis pada aspek memberikan penjelasan menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan indikator lainnya.

Hal ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis SETS efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis karena memungkinkan peserta didik memahami materi melalui keterkaitan antara sains, teknologi, lingkungan, dan masyarakat. Khasanah (2015) menyatakan bahwa model SETS memberikan pengalaman belajar yang holistik dan sesuai dengan kebutuhan siswa, sehingga mendorong berkembangnya kemampuan berpikir kritis.

Selain itu, diferensiasi konten dalam bahan ajar juga berperan dalam mengakomodasi kebutuhan individual peserta didik berdasarkan gaya belajar masing-masing. Sejalan dengan hal tersebut, Hasanah & Surakarta (2024) menjelaskan bahwa pembelajaran biologi berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) bertujuan menciptakan pengalaman belajar yang bermakna sesuai dengan karakteristik setiap individu.

Hasil Respon Guru Dan Siswa

Respon guru terhadap modul pembelajaran yang dikembangkan dianalisis berdasarkan tiga aspek utama, yaitu desain modul, penguasaan konsep, dan motivasi belajar. Data respon guru diperoleh dari lima orang responden dengan menggunakan skala penilaian 1–4. Hasil analisis menunjukkan bahwa modul memperoleh respon yang sangat positif dengan rata-rata persentase sebesar 90,8% yang termasuk dalam kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modul dinilai layak dan mendukung proses pembelajaran. Untuk lebih jelasnya, hasil respon guru dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil respon guru

Responden	Total Skor	Persentase	Kategori
Responden 1	44	91,7%	Sangat baik
Responden 2	45	93,8%	Sangat baik
Responden 3	44	91,7%	Sangat baik
Responden 4	42	87,5%	Baik
Responden 5	43	89,6%	Sangat baik
Total		90,8%	Sangat baik

Respon siswa terhadap modul yang melibatkan 30 responden. Ringkasan hasil persentase responden dapat di lihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Persentase respon siswa

No	Kategori	Rentang Persentase	Jumlah Siswa	Persentase
1	Sangat Baik	86% – 100%	23	76,67%
2	Baik	76% – 85%	7	23,33%
3	Cukup	60% – 75%	0	0%
4	Kurang	≤ 59%	0	0%
Total			30	100%

Hasil respon guru terhadap modul pembelajaran yang dikembangkan menunjukkan penilaian yang sangat positif. Berdasarkan penilaian lima responden guru terhadap aspek desain modul, penguasaan konsep, dan motivasi belajar, diperoleh rata-rata persentase sebesar 90,8% dengan kategori sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa modul telah memenuhi kriteria kelayakan dan dinilai sangat baik untuk digunakan dalam pembelajaran biologi.

Respon siswa terhadap penggunaan modul juga menunjukkan hasil yang positif. Dari 30 siswa yang terlibat, sebanyak 23 siswa (76,67%) berada pada kategori sangat baik, sedangkan 7 siswa (23,33%) berada pada kategori baik. Tidak terdapat siswa yang berada pada kategori cukup maupun kurang. Temuan ini menunjukkan bahwa modul dapat diterima dengan baik oleh seluruh siswa dan telah memenuhi kriteria pencapaian minimal yang diharapkan.

Dominasi kategori sangat baik dan baik pada respon siswa mengindikasikan bahwa pembelajaran menggunakan modul berjalan secara efektif dan mampu memfasilitasi kebutuhan belajar siswa secara merata. Hal ini menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan tidak hanya layak dari segi isi dan tampilan, tetapi juga mampu mendukung keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran.

Modul pencemaran udara berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Bahan ajar dinyatakan layak dan efektif karena penyampaian konsep sains dikaitkan dengan permasalahan yang muncul di masyarakat serta konteks kehidupan sehari-hari, sehingga memudahkan siswa mengaplikasikan hasil belajar dalam situasi nyata (Rini *et al.*, 2020). Hasil ini sejalan dengan temuan Saofah *et al.* (2025) serta Wardani (2021) yang menyimpulkan bahwa bahan ajar berbasis SETS mampu menciptakan pembelajaran yang lebih menarik, kontekstual, dan aplikatif bagi siswa. Oleh karena itu, produk yang dikembangkan berpotensi menjadi alternatif inovatif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi. Meskipun demikian, pengembangan lanjutan tetap diperlukan untuk menyempurnakan produk, meskipun modul telah dinyatakan valid dan efektif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa modul pencemaran udara berbasis SETS yang dikembangkan telah melalui proses validasi oleh ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa dengan tingkat kevalidan sangat tinggi, ditunjukkan oleh nilai validasi masing-masing sebesar 3,68; 3,60; dan 4,00, sehingga dinyatakan layak digunakan dalam proses pembelajaran. Uji efektivitas melalui analisis N-Gain menunjukkan skor rata-rata sebesar 0,51 yang berada pada kategori sedang, yang mengindikasikan bahwa modul tersebut efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Temuan ini menegaskan bahwa modul pencemaran udara berbasis SETS berpotensi menjadi solusi pembelajaran biologi yang inovatif, kontekstual, dan aplikatif, sekaligus sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menyoroti keunggulan bahan ajar berbasis SETS dalam mendukung peningkatan kualitas pembelajaran dan pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa.

REKOMENDASI

Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan penelitian modul berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) dengan cakupan yang lebih luas, baik pada jenjang pendidikan yang berbeda, mata pelajaran lain, maupun konteks lingkungan sosial yang beragam, sehingga diperoleh gambaran

efektivitas modul yang lebih komprehensif. Penelitian lanjutan juga dapat menggabungkan pendekatan SETS dengan model pembelajaran inovatif atau media digital interaktif, serta menambahkan variabel lain seperti kreativitas, literasi sains, atau kemampuan pemecahan masalah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada para validator ahli dan praktisi yang telah memberikan masukan konstruktif, serta kepada institusi tempat penelitian yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Wahyuni, E. S., & Lazuardi, R. (2024). Pengembangan Video Pembelajaran Menggunakan Sparkol Videoscribe Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia*.
- Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). *21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries*. OECD Education Working Papers, No. 41. OECD Publishing.
- Azrina, N., Usman, A., & Masenah, M. (2023). Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) Dengan Pendekatan Experiential Learning Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas X-2 Di Sman Mumbulsari. *Jurnal Biologi*. 1(3). 1–10. <https://doi.org/10.47134/Biology.V1i3.1975>
- Ekaputri Pitorini, D. (2024). Students' Critical Thinking Skills Using An E-Module Based On Problem-Based Learning Combined With Socratic Dialogue. *Journal Of Learning For Development*. 11(1). 52–65.
- Harahap, T. Halomoan, Mushlihuddin, R., & Nurafifah. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Masalah Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis. *Edutech: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Ilmu Sosial*. 8(1). 1–9.
- Hasanah, O. N., & Surakarta, U.M. (2024). Penerapan Pembelajaran Berdiferensiasi Dalam Pembelajaran Kurikulum Merdeka. 8(1). 1-9
- Hasruddin. (2025). *Evaluasi Dan Asesmen Pembelajaran*. Alfabeta. Bandung
- Khasanah, N. (2015). Sets (Science, Environment, Technology, And Society) Sebagai Pendekatan Pembelajaran IPA Modern Pada Kurikulum 2013. 270-277.
- Putri, I. A., Widiyanti, R., & Mahmud, M. (2021). Efektifitas Model Pembelajaran Sets Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Pada Siswa Berkemampuan Rendah. 1(2), 141-160
- Rahmawati Nur Diyah., Tarzan Purnomo, & Sunu Kuntjoro. (2023). Profile Of SETS Approach To Improve Student's Critical Thinking Skills During 2015 To 2022. *Ijorer: International Journal Of Recent Educational Research*, 3(3), 340–353. <https://doi.org/10.46245/Ijorer.V3i3.214>
- Riduwan. (2015). *Dasar-Dasar Statistika*. Alfabeta. Bandung
- Rini, I. M., Widodo, W., & Budijastuti, W. (2020). Pengembangan Bahan Ajar Ipa Berbasis Science Environment Technology And Society (SETS) Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas Iv Sdn Tanah Kalikedinding 1/251. *Jurnal Education And Development*. 8(2.1). 584–589

- Rini, T., Suyanto, E., & Hidayat, S. (2020). Penerapan Problem Based Learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*, 8(2), 123–131.
- Saofah, T., Uswatun, D. A., & Sutisnawati, A. (2025). Pengembangan Media Smart Box Berbasis Science Environment Technology Society (SETS) Dalam Pembelajaran Ipa Sekolah Dasar. 10(1), 357–365.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Trianto. (2017). *Model Pembelajaran Terpadu: Konsep, Strategi, dan Implementasinya dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Wahyudi, S. A., Siddik, M., & Suhartini, E. (2023). Analisis Pembelajaran IPAS Dengan Penerapan Pendekatan Pembelajaran Berdiferensiasi Dalam Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan MIPA*. 13(4). 1105–1113.
- Wardani, E. F., & Miftakh, D. R. (2021). Pengembangan E-Bahan Ajar Berbasis SETS (*Science, Environment, Technology And Society*) Terintegrasi Potensi Lokal Pada Pendidikan Lingkungan Hidup. 4.(1). 372–385.