



Pengembangan E-Modul Berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) Pada Materi Inovasi Teknologi Biologi untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA/MA

^{1*}Thifal Zahrah, ²Idramsa, ³Khairiza Lubis

^{1,2,3}Program Studi Pascasarjana Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

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

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

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan validitas, respon guru, respon peserta didik, kepraktisan, keefektifan, serta peningkatan kemampuan berpikir kritis melalui pengembangan e-modul berbasis SETS. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (R&D) menggunakan model 4D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Validitas e-modul berbasis SETS berada pada kategori sangat layak dengan skor rata-rata persentase sebesar 85% pada validasi materi, 95% pada validasi media, dan 89% pada validasi bahasa, sehingga dinyatakan layak untuk digunakan dalam pembelajaran. (2) Respon guru menunjukkan bahwa e-modul berbasis SETS mampu membantu peserta didik mengembangkan cara berpikir secara lebih komprehensif dan kontekstual didapatkan rata-rata skor pada aspek desain model sebesar 85%, aspek penguasaan konsep sebesar 90% dan aspek motivasi belajar sebesar 88%. (3) Respon peserta didik menunjukkan bahwa e-modul memenuhi aspek kepraktisan, kenyamanan, dan kebermanfaatan, serta mampu meningkatkan ketertarikan dan motivasi belajar. Didapatkan hasil pada aspek desain modul sebesar 95%, aspek penguasaan konsep sebesar 89% dan pada aspek motivasi belajar sebesar 90%. (4) Hasil uji kepraktisan dan keefektifan menunjukkan rata-rata persentase 91%, termasuk kategori sangat praktis dan sangat efektif dalam mendukung pembelajaran. (5) Peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik ditunjukkan oleh hasil uji $t < 0,05$, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Nilai N-Gain rata-rata sebesar 0,758 kategori tinggi, yang menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik sebesar 76%. Secara keseluruhan, e-modul berbasis SETS yang dikembangkan dinyatakan valid, praktis, efektif, dan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Kata Kunci: Pengembangan E-Modul; SETS; berpikir kritis

Abstract: This study aims to describe the validity, teacher responses, student responses, practicality, effectiveness, and the improvement of critical thinking skills through the development of a SETS-based. This study employed a Research and Development (R&D) approach using the 4D model. The results show that: (1) The validity of the SETS-based e-module is categorized as very feasible, with an average score of 85% for material validation, 95% for media validation, and 89% for language validation, indicating that the e-module is suitable for instructional use. (2) Teacher responses indicate that the SETS-based e-module helps students develop more comprehensive and contextual thinking, the average score obtained for the model design aspect was 85%, the concept mastery aspect was 90% and the learning motivation aspect was 88%. (3) Student responses demonstrate that the e-module meets the criteria of practicality, comfort, and usefulness, and successfully enhances learning interest and motivation. The results obtained for the module design aspect were 95%, the concept mastery aspect was 89% and the learning motivation aspect was 90%. (4) The practicality and effectiveness tests reveal an average score of 91%, placing the e-module in the highly practical and highly effective categories for learning. (5) The improvement of students' critical thinking skills is evidenced by the t -test 0.05, which indicates a significant difference between pretest and posttest scores. The average N-Gain score of 0.758, categorized as high, shows that the SETS-based e-module increased students' critical thinking ability by 76%. Overall, the developed SETS-based e-module is valid, practical, effective, and capable of significantly improving students' critical thinking skills.

Keyword: Development of E-Modul; SETS; critical thinking

How to Cite: Zahrah, T., Idramsa, & Lubis, K. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis SETS (Science, Environment, Technology, and Society) Pada Materi Inovasi Teknologi Biologi untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA/MA. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(4), 3254–3263. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i4.19381>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i4.19381>

Copyright© 2025, Zahrah et al

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menekankan pemanfaatan teknologi dan media informasi agar peserta didik mampu beradaptasi dengan perkembangan zaman yang pesat (Kuncoro, 2024). Para ahli sepakat bahwa kompetensi utama adalah *21st Century Skills* (4C): *Critical thinking, Creativity, Collaboration*, dan *Communication* (Sani, 2019). Diantaranya, berpikir kritis menjadi fondasi utama karena merangsang kemampuan lain seperti berpikir logis, kreatif, pemecahan masalah, pemanfaatan teknologi, belajar mandiri, serta adaptasi terhadap perubahan (Halim, 2022; Mashudi, 2021). Secara operasional, berpikir kritis melibatkan proses sistematis untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyimpulkan informasi secara logis, sehingga peserta didik dapat membangun kolaborasi tim dan mengikuti kemajuan teknologi (Mahfudin *et al.*, 2020; Halim, 2022).

Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2022 menunjukkan performa sains peserta didik Indonesia hanya mencapai rerata 383 poin, jauh dibawah rata-rata OECD (485 poin) dan termasuk salah satu terendah secara global (OECD, 2023). Hanya 34% peserta didik mencapai Level 2 atau lebih tinggi (artinya mampu menjelaskan fenomena sederhana, mengidentifikasi bukti, dan menarik kesimpulan dasar), sementara hamper tidak ada yang mencapai Level 5 atau 6 (tingkat yang menuntut berpikir kritis, kreatif, dan mandiri dalam situasi kompleks) (OECD, 2023). Rendahnya capaian ini secara langsung mengindikasikan lemahnya kemampuan berpikir kritis peserta didik Indonesia, yang menjadi dasar mendesak untuk pengembangan bahan ajar yang lebih efektif dalam melatih kompetensi tersebut.

Keterampilan berpikir kritis perlu diajarkan secara terintegrasi di semua mata pelajaran, termasuk biologi, agar peserta didik mampu memecahkan masalah, mempertimbangan alternative, membuat alasan logis, mengambil keputusan berbasis bukti, dan menarik kesimpulan (Agnesia & Rahmadana, 2022; Insyasiska *et al.*, 2017). Materi biologi, khususnya inovasi teknologi biologi, haruslah relevan dengan kehidupan nyata dan masyarakat sekitar sehingga mudah dipahami serta diterapkan (Hariyani, 2019). Namun, materi ini sering sulit dipahami karena konsep abstrak, banyaknya istilah ilmiah, dan ketergantungan terhadap teknologi, sehingga peserta didik cenderung tidak menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari (Akram, *et al.*, 2023). Kondisi ini diperburuk oleh bahan ajar konvensional seperti buku teks yang minim mengintegrasikan soal latihan berpikir kritis (Muzaki & Mutia, 2023).

Modul sebagai bahan ajar berpotensi meningkatkan berpikir kritis, tetapi tidak semua modul efektif (Sinaga & Anas, 2022). E-modul (modul elektronik) menawarkan keunggulan signifikan dibandingkan modul cetak atau buku teks konvensional: bersifat interaktif, menyediakan umpan balik langsung, memfasilitasi pengerjaan soal berbasis masalah, serta mendukung elemen multimedia (audio, gambar, video) yang merangsang analisis mendalam, evaluasi bukti, dan sintesis ide, yang termasuk elemen kunci berpikir kritis (Novitasari & Tiara, 2022; Arsal *et al.*, 2019). Tanpa e-modul berkualitas, proses pembelajaran menjadi kurang efektif, tidak sistematis, dan monoton, sehingga peserta didik kesulitan menginternalisasi materi secara kritis (Akram *et al.*, 2023; Maulida, 2022).

Mengatasi hal tersebut, Pendekatan *Science, Environment, Technology, and Society* (SETS) dipilih karena secara alami menggabungkan sains dengan lingkungan, teknologi, dan masyarakat, sesuai dengan sifat sains yaitu kontekstual dan relevan dengan kehidupan nyata (Hariyani, 2019; Khasanah, 2015; NSTA Position Statement, 1990). Pendekatan SETS lebih efektif dibandingkan STS dalam meningkatkan hasil belajar karena SETS menambahkan unsur lingkungan untuk

membuat pendekatan lebih holistik dan relevan dengan isu lingkungan global (Ichsan, 2016).

Pengembangan e-modul diperlukan guru untuk mempermudah pencapaian tujuan pembelajaran (Putri, 2022). Salah satunya e-modul berbasis SETS. Modul harus direncanakan baik agar pembelajaran seimbang, guru dan peserta didik sama-sama aktif, serta peserta didik berpikir kritis. Jika tidak, pembelajaran akan monoton (Maulida, 2022). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji efektivitas e-modul berbasis pendekatan SETS pada materi inovasi teknologi biologi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik di tingkat SMA/MA.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D (*four-D*). Sampel dalam penelitian ini sebanyak 30 siswa kelas X-9 di SMA Negeri 13 Medan. Model pengembangan 4D terdiri atas empat langkah, yaitu: (1) Pendefinisian (*define*); (2) Perancangan (*design*); (3) Pengembangan (*develop*); dan (4) Penyebaran (*disseminate*), tetapi pada penelitian ini tanpa tahap penyebaran (*disseminate*).

Pada tahap pendefinisian (*define*) dilakukan analisis awal- akhir, analisis siswa, Analisis potensi lokal, analisis konsep, dan spesifikasi tujuan pembelajaran. Pada tahap perancangan (*design*) dilakukan penyusunan tes kriteria, memilih modul, memilih format, mensimulasikan penyajian materi dengan media dan langkah-langkah pembelajaran yang telah dirancang. Pada tahap pengembangan (*develop*) meliputi tahap evaluasi oleh ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa, serta kegiatan uji coba rancangan produk pada sasaran subjek yang sesungguhnya. Tetapi pada tahap ini hanya dilakukan terbatas kepada siswa X-9 SMA Negeri 13 Medan.

Penelitian ini menggunakan instrumen non tes (angket wawancara, angket kelayakan modul, dan angket respon guru dan peserta didik) dan instrumen tes (soal kemampuan berpikir kritis). Instrumen angket kelayakan e-modul yang digunakan dalam modul berbasis SETS ini berupa angket dengan skala *likert*. Terdiri dari empat penilaian: Sangat Baik = 5, Baik = 4, Cukup Baik = 3, Tidak Baik =2, Sangat Tidak Baik=1, instrumen ini divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa. Instrumen respon guru dan peserta didik yang bertujuan mengevaluasi efektivitas dan kepraktisan produk, serta untuk menerima saran dan komentar selama proses pembelajaran menggunakan modul, dengan aspek desain modul, penguasaan konsep, dan motivasi belajar. Instrumen Kemampuan Berpikir Kritis yaitu *pretest* dan *posttest* yang dilakukan diawal dan akhir pembelajaran dengan jumlah soal yaitu 25 soal pilihan berganda dan 10 soal essay mencakup kemampuan berpikir kritis yang sudah divalidasi terlebih dahulu oleh validator.

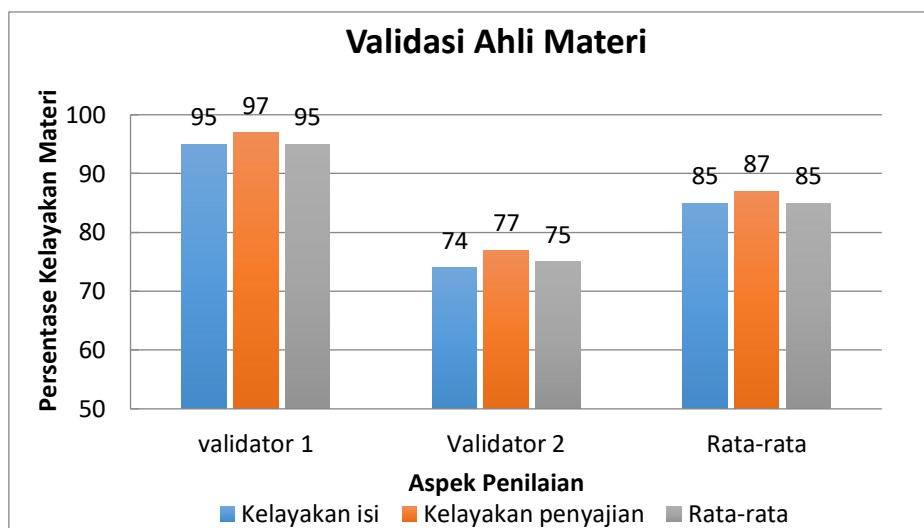
Teknik analisis data instrumen kemampuan berpikir kritis (*pretest* dan *posttest*) dianalisis menggunakan *gain* ternormalisasi (*normalized gain*). Tujuan analisis menggunakan *gain* ternormalisasi yaitu untuk melihat peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Uji normalitas yaitu uji yang dilakukan sebagai prasyarat untuk melakukan analisis data. Uji normalitas dilihat dari data hasil *pretest* dan *posttest* dengan jumlah sampel kurang dari 50. Uji normalitas hasil data *pretest* dan *posttest* yang digunakan adalah *Shapiro-Wilk*. Peneliti menggunakan Uji Levene menggunakan *analysis of variance* satu arah. Data ditransformasikan dengan jalan mencari selisih masing-masing skor dengan rata-rata kelompoknya. Peneliti menggunakan uji Levene

dengan bantuan *Software IBM SPSS Statistic 25*. Untuk menguji homogenitas, maka kriteria pengujian sebagai berikut: (1) Jika nilai signifikansi (Sig) > 0.05 maka data homogen; (2) Jika nilai signifikansi (Sig) < 0.05 maka data tidak homogen. Analisis data dalam penelitian ini yaitu uji T uji banding berguna untuk membandingkan antara satu sampel dengan sampel lainnya. Pada penelitian ini uji T dilakukan untuk membandingkan *pretest* dan *posttest* hasil belajar kelas X-9 SMA Negeri 13 Medan dengan pendidik yang menggunakan e-modul SETS dan pendidik yang tidak menggunakan e-modul SETS. Perhitungan uji T ini menggunakan teknik *paired-samples t-test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

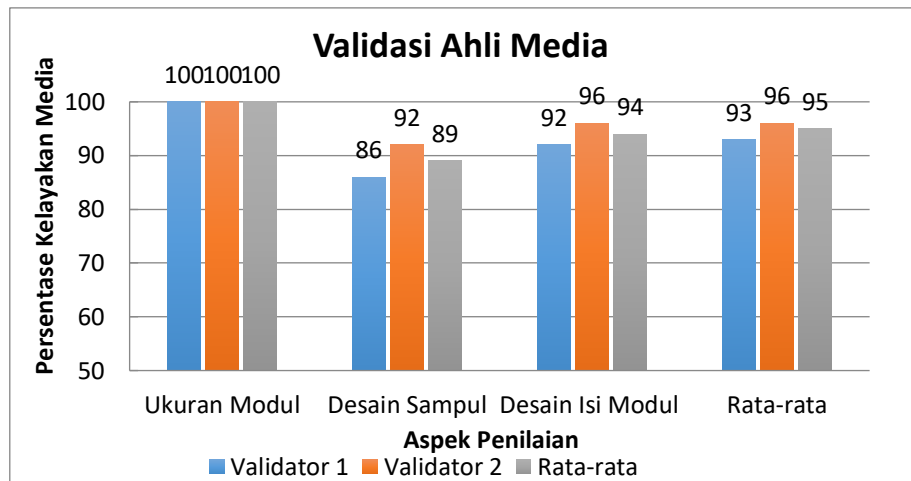
Hasil validasi oleh ahli materi yang terdiri dari aspek kelayakan isi dan kelayakan penyajian disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Hasil validasi ahli materi

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa hasil uji validasi materi yang tercantum dalam e-modul berbasis SETS pada materi inovasi teknologi biologi masuk pada kategori kelayakan sangat layak apabila diterapkan pada pembelajaran. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 1, bahwa e-modul berbasis SETS mendapatkan rata-rata kelayakan dari ahli materi aspek kelayakan isi sebesar 85% dan aspek kelayakan penyajian sebesar 87% serta memenuhi kategori “Sangat Layak”.

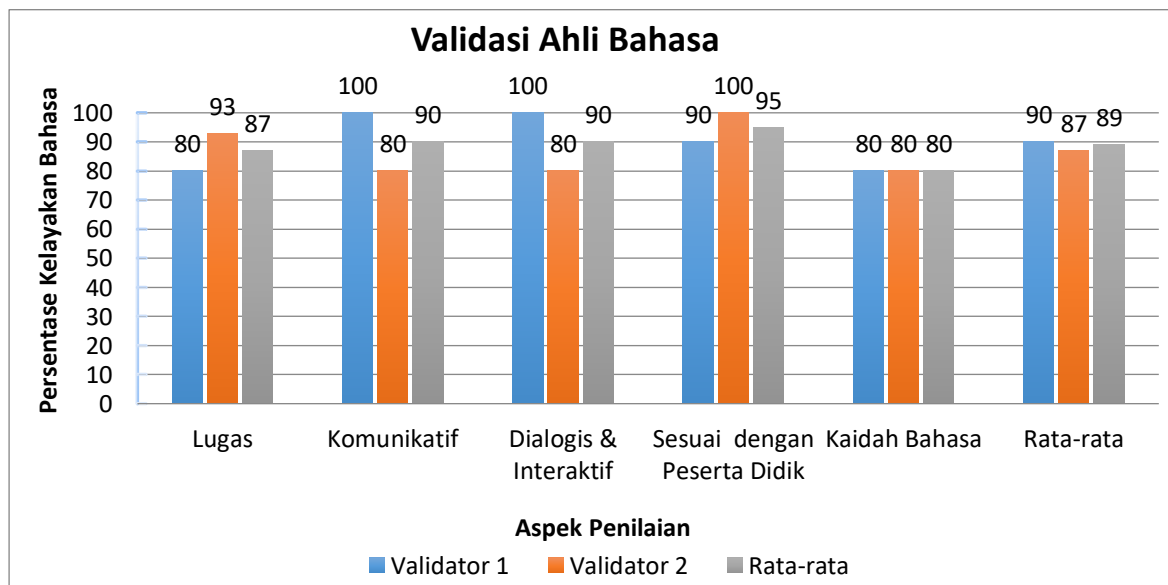
Hasil validasi oleh ahli media terdapat dua aspek dalam penilaian yang terdiri dari aspek kelayakan kegrafikan. Pada aspek kelayakan kegrafikan mencakup komponen ukuran modul, desain sampul, dan desain isi modul disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil validasi media

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa hasil uji validasi media e-modul berbasis SETS pada materi inovasi teknologi biologi masuk pada kategori kelayakan sangat layak apabila diterapkan pada pembelajaran. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 2, bahwa e-modul berbasis SETS mendapatkan rata-rata kelayakan dari ahli media sebesar 93% pada validator 1 dan 96% pada validator 2 serta memenuhi kategori “Sangat Layak”. Hasil ini selaras dengan penelitian Chairani (2020), yang menunjukkan skor validasi media tinggi untuk elemen visual dan layout pada e-modul SETS, sehingga memudahkan siswa dalam proses belajar mandiri dan interaktif.

Hasil validasi oleh ahli bahasa terdiri dari aspek kelayakan bahasa yang mencakup komponen lugas, komunikatif, dialogis dan interaktif, kesesuaian dengan perkembangan peserta didik, kesesuaian kaidah bahasa, disajikan pada Gambar 3.

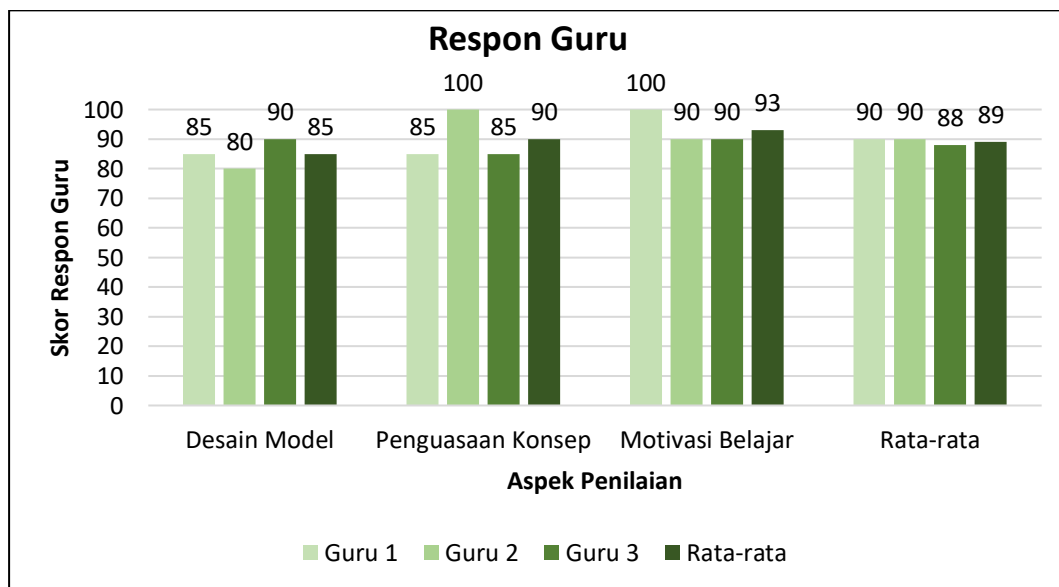


Gambar 3. Hasil validasi bahasa

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa hasil uji validasi bahasa e-modul berbasis SETS pada materi inovasi teknologi biologi masuk pada kategori kelayakan sangat layak apabila diterapkan pada pembelajaran. Hal tersebut

ditunjukkan pada Gambar 3, bahwa e-modul berbasis SETS mendapatkan rata-rata kelayakan dari ahli bahasa sebesar 90% pada validator 1 dan 87% pada validator 2 yang memenuhi kategori “Sangat Layak”. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sudrajat (2023) dalam pengembangan e-modul SETS pada materi inovasi teknologi biologi dan ekologi menemukan bahwa validasi ahli bahasa mencapai skor tinggi (rata-rata di atas 85-90%), dengan kategori sangat layak, karena bahasa yang digunakan sistematis, kontekstual, dan mendukung pemahaman peserta didik terhadap isu lingkungan serta implikasi teknologi.

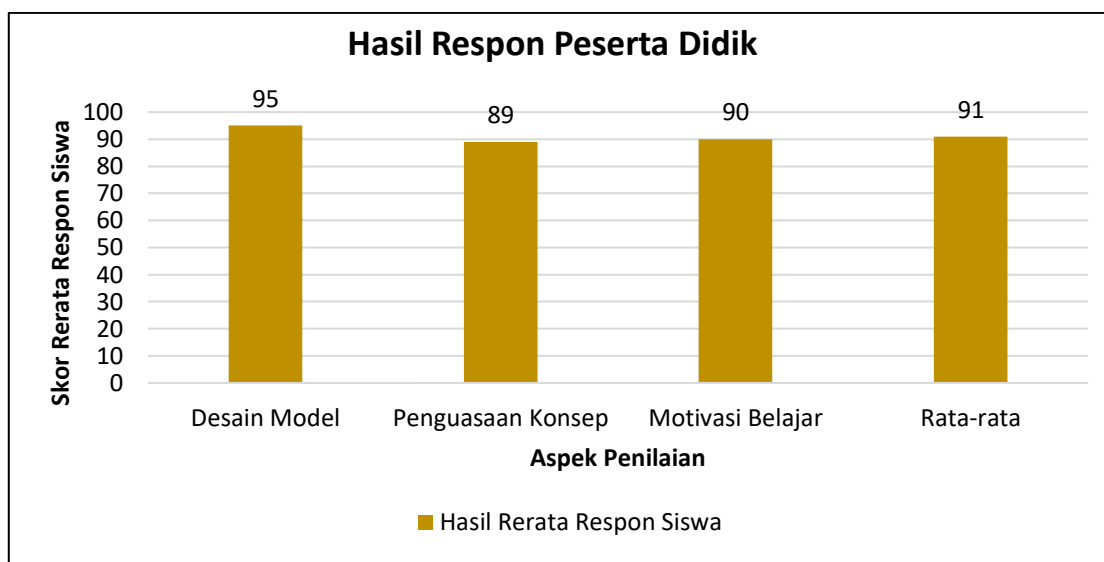
Hasil respon guru setelah dilakukannya percobaan dengan menggunakan e-modul berbasis SETS dalam pembelajaran, didapatkannya respon guru terhadap pengembangan e-modul disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil respon guru

Berdasarkan hasil angket tanggapan guru pada Gambar 4, didapatkan bahwa desain model mendapatkan rata-rata skor sebesar 85%, pada aspek penguasaan konsep mendapatkan skor 90%, pada aspek motivasi belajar mendapatkan rata-rata skor sebesar 93%. Temuan ini konsisten dengan penelitian Akram *et al.* (2023) dalam pengembangan e-modul SETS menemukan respon guru mencapai skor rata-rata 87,7% dengan kategori praktis tinggi, karena mendukung penguasaan konsep dan motivasi belajar peserta didik melalui integrasi aspek lintas disiplin.

Hasil respon peserta didik ini memberikan analisis tersendiri terkait pengembangan e-modul berbasis SETS dari sudut pandang subjek pendidikan yang ada di SMA Negeri 13 Medan. Berikut hasil respon peserta didik disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil respon peserta didik

Berdasarkan hasil angket tanggapan peserta didik pada Gambar 5, pada peserta didik yang berjumlah 30 siswa memberikan respon yang cukup baik dengan aspek desain model mendapatkan skor 95%, aspek penguasaan konsep mendapatkan skor 89% dan motivasi belajar mendapatkan skor 90%, sehingga total rata-rata skor yang didapatkan 91%. Temuan ini konsisten dengan penelitian Wahyuni *et al.* (2025) mengatakan bahwa respon peserta didik tinggi pada aspek motivasi belajar (90%) juga selaras dengan studi pengembangan e-LKPD berbasis SETS dimana respon peserta didik mencapai 92,6% dengan kategori sangat positif, karena pendekatan ini memungkinkan peserta didik aktif dan termotivasi dalam proses belajar.

Hasil kepraktisan dan keefektifan dilakukan oleh tiga guru biologi di SMA Negeri 13 Medan. Untuk mengetahui kepraktisan dan keefektifan dari e-modul berbasis SETS guru dapat mengisi angket yang telah disiapkan sesuai dengan indikator pada tiap ujiannya. Berikut merupakan hasil kepraktisan yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil kepraktisan

No.	Aspek	Guru 1	Guru 2	Guru 3
1.	Efektif	8	9	9
2.	Interaktif	10	8	10
3.	Efisiensi	10	10	9
4.	Kreatif	8	9	9
Total		36	36	37
Total Maksimum		40	40	40
Persentase Kepraktisan		90%	90%	93%
Rata-rata Persentase Kepraktisan		91%		
Kategori Kepraktisan		Sangat Praktis		

Berdasarkan hasil penilaian kepraktisan e-modul berbasis SETS dari tiga guru, diperoleh total skor 36 untuk Guru 1, 36 untuk Guru 2, dan 37 untuk Guru 3 dari skor maksimum 40. Persentase kepraktisan masing-masing guru yaitu 90%, 90%, dan 93%. Nilai ini menunjukkan bahwa e-modul memiliki tingkat kepraktisan yang sangat tinggi pada seluruh aspek yang dinilai, yaitu efektivitas, interaktivitas, efisiensi, dan

kreativitas. Rata-rata persentase kepraktisan adalah 91%, yang termasuk dalam kategori “Sangat Praktis”.

Setelah dilakukannya uji kepraktisan, peneliti melakukan uji keefektifan berdasarkan hasil angket keefektifan yang disusun sesuai dengan indikator yang telah dipilih. Berikut merupakan hasil keefektifan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil keefektifan

No.	Aspek	Guru 1	Guru 2	Guru 3
1.	E-modul peserta didik	25	27	28
2.	Modul petunjuk guru	8	8	9
3.	Bahan ajar secara umum	15	15	14
Total		48	50	51
Total Masimum		55	55	55
Persentase Keefektifan		87%	91%	93%
Rata-rata Persentase Keefektifan		91%		
Kategori Keefektifan		Sangat Efektif		

Setelah uji kepraktisan dilakukan, selanjutnya uji keefektifan untuk mengetahui sejauh mana e-modul berbasis SETS mampu mencapai tujuan pembelajaran. Berdasarkan hasil angket dari tiga guru, diperoleh total skor 48, 50, dan 51 dari skor maksimum 55. Persentase keefektifan masing-masing adalah 87%, 91%, dan 93%.

Nilai ini menunjukkan bahwa e-modul sangat efektif digunakan dalam pembelajaran, terutama pada aspek e-modul peserta didik, modul petunjuk guru, dan kualitas bahan ajar secara umum. Dengan rata-rata persentase sebesar 91%, e-modul berbasis SETS dikategorikan “Sangat Efektif”, sehingga layak digunakan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi dan mendukung pencapaian kompetensi peserta didik.

Hasil keefektifan ditunjukkan melalui perhitungan statistika yaitu *t-test* hasil *pretest* dan *posttest* setelah menggunakan e-modul SETS pada materi inovasi teknologi biologi untuk peserta didik kelas X di SMA Negeri 13 Medan. Pengujian data awal dilakukannya uji normalitas, uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data yang digunakan berdistribusi secara normal atau tidak. Uji normalitas pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan uji *Shapiro Wilk*.

Berdasarkan hasil pengujian pada uji normalitas *Shapiro-Wilk* didapatkan nilai signifikansi data *pretest* sebesar 0,382 dan nilai signifikansi data *posttest* 0,64.. sehingga dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal ditunjukkan dengan hasil uji normalitas dengan nilai sig. *pretest* sebesar $0,382 > 0,05$ dan nilai sig. *posttest* sebesar $0,64 > 0,05$.

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data bersifat homogen atau tidak. Didapatkan nilai signifikansi homogenitas sebesar 0,67. Hal tersebut membuktikan bahwa data yang digunakan bersifat homogen karena $0,67 > 0,05$. Dikarenakan data berdistribusi normal dan bersifat homogen sehingga memenuhi syarat untuk uji *t-test*.

Dikarenakan uji *t-test* yang akan dilakukan yaitu untuk menguji perbedaan rata-rata antara *pretest* dan *posttest* maka uji *t-test* yang digunakan yaitu *paired sample t-test*. Hasil uji perbedaan rata-rata *pretest* dan *posttest* berbantuan aplikasi SPSS versi 25 menunjukkan nilai (*2-tailed*) sebesar 0,000. Berdasarkan kriteria diatas maka dapat disimpulkan bahwa hasil *t-test* menunjukkan bahwa sig (*2-tailed*) $0,000 < 0,05$ sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil *pretest* dan *posttest*.

Terdapat peningkatan rata-rata (N-Gain) pada kreativitas peserta didik dalam e-modul berbasis SETS pada materi inovasi teknologi biologi untuk peserta didik kelas X di SMA Negeri 13 Medan penggunaan dari rata-rata nilai sebesar 0,758 yang termasuk pada kategori “Tinggi” dan mengalami peningkatan dalam persentase sebesar 76%. Peningkatan rata-rata dapat menunjukkan bahwa penggunaan e-modul berbasis SETS pada materi inovasi teknologi biologi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas X di SMA Negeri 13 Medan.

KESIMPULAN

Penelitian pengembangan e-modul berbasis SETS pada materi Inovasi Teknologi Biologi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas X SMA/MA menyimpulkan bahwa e-modul sangat layak (validasi: 85% materi, 95% media, 89% bahasa), mendapat respon positif dari guru (85–90%) dan siswa (89–95%) pada aspek desain, konsep, dan motivasi, serta sangat praktis dan efektif (skor 91%). Peningkatan berpikir kritis signifikan ($t\text{-test sig.} = 0,000 < 0,05$) dengan $N\text{-gain}$ rata-rata 0,758 (tinggi), menunjukkan peningkatan 76% setelah penggunaan e-modul.

REKOMENDASI

Rekomendasi dari penelitian ini adalah disarankan agar guru dapat memanfaatkan e-modul berbasis SETS dalam kegiatan pembelajaran Biologi sebagai alternatif media digital yang mampu meningkatkan minat dan partisipasi siswa. Bagi pengembang media pembelajaran selanjutnya dapat mengembangkan e-modul berbasis SETS dengan menambahkan fitur multimedia yang lebih interaktif seperti video, animasi, simulasi, atau kuis adaptif agar pengalaman belajar siswa semakin menarik dan efektif. Peneliti selanjutnya disarankan meneliti lebih lanjut dampak e-modul berbasis SETS secara langsung terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis melalui desain eksperimen yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada orang tua yang telah memberikan bimbingan, nasehat, kasih sayang dan doanya yang tulus menyertai penulis hingga penelitian ini berakhir. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, sekolah SMA Negeri 13 Medan, dan semua pihak yang terkait dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnesa, O. S., & Rahmadana, A. (2022). Model *Problem-Based Learning* Sebagai Upaya Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Pembelajaran Biologi. *Journal on Teacher Education*, 3(3), 65-81.
- Akram, S. A., Nurhidayah, N., & Jirana, J. (2023). Pengembangan E-modul dengan Pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) pada Materi Sistem Peredaran Darah Kelas XI SMA/MA. Saintifik. *Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, 9(1), 88-94.
- Arsal, M., Danial, M., & Hala, Y. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran E-Modul Materi Sistem Peredaran Darah Pada Kelas XI MIPA SMAN 6 BARRU. *Prosiding Seminar Nasional Biologi VI*, 434–442.
- Chairani, M. (2020). *Pengembangan e-modul berbasis SETS (Science, Environment, Technology, and Society) pada materi teori kinetik gas [Skripsi sarjana]*. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

- Halim, A. (2022). Signifikansi Dan Implementasi Berpikir Kritis dalam Proyeksi Dunia Pendidikan Abad 21 Pada Tingkat Sekolah Dasar. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 3(03), 404-418.
- Hariyani, M. (2019). *Pengembangan Modul Biologi Berbasis SETS (Science, Environment, Technology, Society) Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Memberdayakan Berpikir Kritis Siswa Kelas VII SMP/MTs*. (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung).
- Ichsan, F. (2016). *Perbedaan Hasil Belajar Peserta Didik Menggunakan Pendekatan STS, SETS, Dan STEM Pada Pembelajaran Konsep Virus (Skripsi Sarjana)*. Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Insyasiska, D., Zubaidah, S., & Susilo, H. (2017). Pengaruh *Project Based Learning* Terhadap Motivasi Belajar, Kreativitas, Kemampuan Berpikir Kritis, dan Kemampuan Kognitif Siswa Pada Pembelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang*, 7(1), 118842.
- Kuncoro, J. (2024). *Analisis Profil Pertanyaan Keterampilan Berpikir Kritis dalam Buku IPA Pada Konsep-Konsep Biologi Kelas IX Pada Kurikulum Merdeka* (Doctoral Dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Mashudi, M. (2021). Pembelajaran Modern: Membekali Peserta Didik Keterampilan Abad Ke-21. Al-Mudarris. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Islam*. 4 (1), 93–114.
- Maulida, U. (2022). Pengembangan Modul Ajar Berbasis Kurikulum Merdeka. *Jurnal Tarbawi*, 5(2), 130-138.
- Muzaki, A. N., & Mutia, T. (2023). BUSPERAK: Menilik kebarharuan kurikulum merdeka melalui pengembangan bahan ajar. *Jambura Geo Education Journal*, 4(1), 1-11.
- Novitasari, A., & Tiara, A. D. (2022). Pengembangan E-Modul SETS Berbasis Flipbook Maker Alternatif Pembelajaran Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Bioshell*, 11(1), 11-18.
- OECD. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. In PISA 2022: Vol. I. OECD Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/53f23881-en>.
- PISA. (2023). PISA 2022 Results : Factsheets Indonesia. In PISA 2022 (Vol. 1).
- Putri, S. R. (2022). Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis SETS (Science, Environment, Techonogy, Society) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA/MA. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 8(2), 142-151.
- Sani, R.A. (2019). *Pembelajaran Berbasis HOTS Edisi Revisi: Higher Order Thinking Skills*. Tangerang: Tira Smart.
- Sinaga, H., & Anas, N. (2022). Development of Student Worksheets Based on Critical Thinking Biotechnology Materials for Third Grade (IX Class) of Junior High School. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus (JPBN)*, 8(2), 355-363.
- Sudrajat, W. S. (2023). *Pengembangan e-modul berbasis SETS (Science, Environment, Technology, Society) integrasi keislaman pada materi ekologi [Skripsi sarjana]*. Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Wahyuni, S., Suryani, D. I., et al. (2025). Pengembangan e-LKPD berbasis SETS topik transportasi tenaga surya untuk melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik. *EDUPROXIMA (Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA)*, 7(1).