

# PENGEMBANGAN MODUL ELEKTRONIK IPA BERBASIS MASALAH PADA MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN KELAS 7 SMP

Nabila Santika Putri, Siti Mudaiyah, Nuril Munfaridah\*

PPG Sekolah Pascasarjana Universitas Negeri Malang,  
Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

\*Corresponding author: nuril.munfaridah.fmipa@um.ac.id

doi: 10.17977/um084v3i22025p260-269

## Kata kunci

modul elektronik  
berbasis masalah  
pencemaran lingkungan

## Abstrak

Keterampilan kolaborasi dan pemecahan masalah sangat penting dimiliki di abad ke-21, dan siswa saat ini dituntut untuk belajar secara mandiri. Untuk memfasilitasi peserta didik dalam proses belajar serta meningkatkan motivasi, keterampilan kolaborasi, dan pemecahan masalah, diperlukan media pembelajaran yang menarik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul elektronik IPA berbasis masalah pada materi pencemaran lingkungan yang layak digunakan. Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan dengan model ADDIE, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Penelitian dilakukan di SMPN 14 Malang dengan subjek penelitian sebanyak 28 siswa. Data yang dikumpulkan meliputi skor kelayakan dari ahli materi, ahli media, guru, keterbacaan siswa, serta komentar dan saran dari validator dan pengguna. Instrumen pengumpulan data terdiri dari lembar uji kelayakan untuk ahli materi, ahli media, guru, dan keterbacaan siswa. Analisis data dilakukan secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul elektronik yang dikembangkan memiliki persentase rata-rata uji kelayakan: ahli materi sebesar 95,54 persen, ahli media 98,33 persen, guru 100 persen, dan uji keterbacaan siswa 89,75 persen, yang semuanya masuk dalam kriteria sangat layak. Guru dan siswa menyatakan bahwa modul elektronik ini bagus, menarik, dan sesuai untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi, pemecahan masalah, dan pemahaman siswa. Berdasarkan hasil penelitian, modul elektronik IPA berbasis masalah pada materi pencemaran lingkungan yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat layak digunakan.

## 1. Pendahuluan

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) memainkan peran penting dalam pendidikan dengan membantu siswa memahami materi secara langsung, tidak hanya dari segi teori tetapi juga melalui proses penemuan dan pengembangan (Khoirunnisa et al., 2020; Kuswanto, 2019). Pembelajaran IPA bertujuan untuk mengembangkan keterampilan siswa dalam memahami fenomena alam dan memecahkan masalah dalam bidang biologi, fisika, dan kimia (Suendarti, 2020). Hal ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan siswa dalam menemukan, memahami, dan menerapkan konsep secara holistik, autentik, dan aktif.

Dengan memasuki abad ke-21 yang ditandai dengan kemajuan teknologi dan digitalisasi, dunia pendidikan menghadapi tantangan baru, termasuk kebutuhan untuk mengembangkan keterampilan abad 21 seperti pemecahan masalah (Mardhiyah et al., 2021; Rawung et al., 2021). Keterampilan ini melibatkan proses berpikir kreatif, kritis, logis, dan sistematis, yang dapat diintegrasikan dalam rencana pelaksanaan pembelajaran menggunakan metode dan media yang mendukung (Jayadiningrat & Ati, 2018; Ardiansyah et al., 2020). Model pembelajaran berbasis masalah (Problem Based Learning) adalah salah satu pendekatan yang relevan untuk

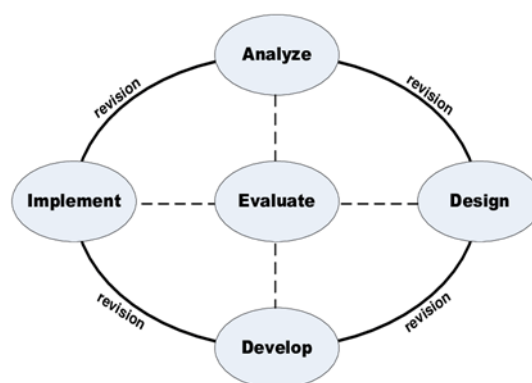
meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, dengan fokus pada peran aktif siswa dan penyelesaian masalah yang terkait dengan kehidupan nyata (Sumiantari et al., 2019; Bahri et al., 2018; Anggraini et al., 2022).

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan di SMPN 14 Malang, ditemukan bahwa keterampilan memecahkan masalah siswa dalam materi pencemaran lingkungan belum optimal dan bahan ajar yang ada belum mendukung dengan baik (Dole et al., 2017). Dengan 59% siswa memperoleh nilai ulangan harian di bawah KKM, serta hasil angket yang menunjukkan kekurangan dalam media ajar, diperlukan inovasi dalam bahan ajar seperti e-modul berbasis masalah. E-modul memiliki kelebihan dalam meningkatkan minat belajar dan memfasilitasi interaksi dengan teknologi (Prabasari et al., 2021; Anggraini et al., 2022). E-modul juga dapat memudahkan siswa dalam proses belajar mandiri dan meningkatkan hasil belajar (Perdana et al., 2017). Penelitian ini, yang berjudul Pengembangan Modul Elektronik IPA Berbasis Masalah pada Materi Pencemaran Lingkungan Kelas 7 SMP, penting karena menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA di tingkat SMP. Dalam menghadapi tantangan abad ke-21 yang mengutamakan keterampilan abad ini, khususnya pemecahan masalah dan keterampilan kolaborasi, e-modul ini bertujuan untuk menyajikan materi dengan cara yang lebih menarik dan interaktif serta mengatasi kekurangan bahan ajar yang ada. Integrasi teknologi seperti QR Code dan video pembelajaran, serta fitur evaluasi berbasis Google Form, diharapkan dapat memberikan kemudahan akses, memperkaya pengalaman belajar, dan memudahkan pemantauan hasil belajar siswa. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efektivitas pembelajaran IPA di SMP, serta memberikan model yang dapat diterapkan di sekolah lain dengan konteks serupa.

## 2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di SMPN 14 Malang dari Januari hingga Maret 2024, dengan melibatkan 28 siswa kelas 7 sebagai subjek penelitian. Jenis penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D), yang bertujuan untuk mengembangkan produk dan menguji keefektifannya dalam konteks pendidikan. Model pengembangan yang diterapkan adalah model ADDIE yang dikembangkan oleh Lee & Owens (2004). Model ADDIE, yang terdiri dari lima tahap—Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi—adalah salah satu model terkemuka dalam pengembangan produk multimedia, termasuk e-modul.

Pada tahap Analisis, kebutuhan dan masalah pembelajaran diidentifikasi untuk memastikan bahwa e-modul yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan siswa. Tahap Desain mencakup perencanaan struktur e-modul dan pembuatan desain awal. Pengembangan melibatkan pembuatan e-modul berdasarkan desain yang telah dirancang, termasuk integrasi fitur-fitur interaktif seperti QR Code dan video pembelajaran. Pada tahap Implementasi, e-modul diuji coba di kelas untuk mengevaluasi efektivitas dan keterimaannya oleh siswa. Terakhir, tahap Evaluasi meliputi penilaian menyeluruh terhadap e-modul yang telah diterapkan, termasuk umpan balik dari siswa dan guru, untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan. Model ADDIE memastikan bahwa setiap aspek pengembangan e-modul diperhatikan secara sistematis, dengan tujuan akhir untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas media pembelajaran yang dikembangkan. Gambar 1 menunjukkan diagram alur dari model ADDIE yang digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 1. Tahapan model pengembangan ADDIE (Sumber: Lee & Owens, 2004).**

Tahapan pengembangan e-modul ini meliputi beberapa langkah penting. (1) Tahap Analisis (Analysis) bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan di lapangan dan menilai kelayakan produk yang akan dikembangkan. Pada tahap ini, dilakukan analisis kebutuhan melalui wawancara dengan salah satu guru IPA dan penyebaran angket kepada siswa. Tahapan ini mirip dengan metode yang digunakan oleh Pratama et al. (2022), yang menekankan pentingnya pemahaman kebutuhan sebelum pengembangan produk. (2) Tahap Perancangan (Design) berfokus pada perencanaan e-modul berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Kegiatan pada tahap ini meliputi pengumpulan materi tentang pencemaran lingkungan dari berbagai referensi yang sesuai dengan Kurikulum 2013 dan perancangan komponen multimedia e-modul, seperti gambar, QR Code berisi video, dan link Google Form. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Sari et al. (2021), yang menunjukkan pentingnya perancangan materi yang relevan dan menarik untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. (3) Tahap Pengembangan (Development) melibatkan pembuatan produk, uji kelayakan, dan revisi. Kegiatan termasuk pembuatan ilustrasi e-modul menggunakan aplikasi Canva (Gehred, 2020), penyusunan isi e-modul di Microsoft Word (Schwichtenberg, 2020), penambahan video dan link Google Form sebagai QR Code (Ramanaj Sivakumar, 2019), serta konversi e-modul dari format DOC ke PDF. Tahapan ini juga mencakup konsultasi, perbaikan e-modul, dan uji kelayakan dari ahli materi, ahli media, guru, serta uji keterbacaan siswa. Tahapan ini sejalan dengan metode pengembangan oleh Prabowo et al. (2020) yang menekankan pentingnya uji kelayakan dan revisi untuk memastikan kualitas produk. (4) Tahap Implementasi (Implementation) tidak dilakukan dalam penelitian ini karena keterbatasan waktu. Implementasi akan dilakukan pada penelitian selanjutnya setelah produk selesai dikembangkan dan diperbaiki berdasarkan umpan balik validator dan pengguna. (5) Tahap Evaluasi (Evaluation) bertujuan untuk menilai kelayakan e-modul menurut ahli materi, media, dan pengguna.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif mencakup wawancara dengan guru, serta komentar dan saran dari uji kelayakan dan keterbacaan. Data kuantitatif meliputi skor penilaian dari uji kelayakan dan keterbacaan. Instrumen pengumpulan data melibatkan angket analisis kebutuhan, instrumen uji kelayakan, dan uji keterbacaan. Analisis data dilakukan menggunakan analisis deskriptif dengan skala Likert dan Guttman. Skala Likert digunakan untuk mengukur pendapat responden dengan rentang skor 1 sampai 4 (dari sangat tidak setuju hingga sangat setuju) (Hadi, 1991). Skala Guttman digunakan untuk menilai kebenaran konsep dengan kriteria 1 = Ya, 0 = Tidak (Riduwan, 2016). Data dari uji kelayakan dan keterbacaan diolah menggunakan persamaan menurut Fitriani et al. (2020), yang memungkinkan penilaian yang lebih objektif dan komprehensif terhadap kualitas e-modul.

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100\%$$

**Keterangan:**

P = Persentase (%)

 $\sum x$  = Jumlah skor yang diperoleh $\sum xi$  = Jumlah skor ideal

Hasil persentase yang diperoleh dari uji kelayakan dan uji keterbacaan diinterpretasikan berdasarkan kriteria dari persentase kelayakan (Tabel 1).

**Tabel 1. Kriteria persentase kelayakan (Riduwan, 2016).**

Nilai (%)	Keterangan
81 - 100	Sangat Layak
61 - 80	Layak
41 - 60	Cukup Layak
21 - 40	Kurang Layak
0 - 20	Tidak Layak

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan dengan wawancara guru IPA di SMPN 14 Malang mengatakan bahwa pada materi pencemaran lingkungan, keterampilan memecahkan masalah siswa masih kurang optimal dan juga bahan ajar yang selama ini digunakan masih kurang mendukung kebutuhan siswa dalam memahami materi pencemaran lingkungan. Hal tersebut dibuktikan dengan 59% siswa mendapatkan nilai ulangan harian di bawah KKM. Sedangkan hasil analisis kebutuhan dengan penyebaran angket kepada siswa kelas 7 menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan saat ini kurang mendukung untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan pemahaman materi. Sehingga siswa membutuhkan media ajar yang dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan pemahaman materi, salah satunya e-modul.

Menurut Anggraini et al. (2022), adanya e-modul membuat proses belajar lebih menarik karena memiliki video pembelajaran dan tampilan gambar dengan warna yang jelas. Sehingga hal tersebut dapat memudahkan siswa memahami materi dan dapat diintegrasikan dengan teknologi sebagai media ajar. Teknologi merupakan kebutuhan yang penting untuk diintegrasikan dalam proses kegiatan belajar masa kini. Perpaduan teknologi dengan fenomena faktual sebagai isi dari bahan pembelajaran akan menciptakan pengalaman belajar yang sangat baik bagi siswa (Oktavian & Aldya, 2020). Sehingga pembiasaan belajar yang memanfaatkan teknologi akan membantu mempercepat transformasi digital dan pemenuhan kemampuan kompetensi abad 21.

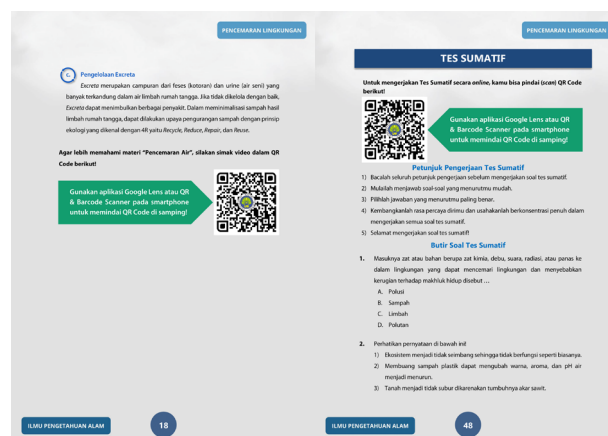
E-modul berhasil dikembangkan menggunakan software Canva untuk pembuatan ilustrasi dan Microsoft Word untuk pembuatan isi. E-modul ini memiliki spesifikasi ukuran A4, berjumlah 62 halaman, dan berformat pdf yang dapat dibuka melalui Windows dan smartphone. Penyusunan isi dari e-modul, yaitu pendahuluan terdiri dari sampul, daftar isi, profil e-modul, petunjuk penggunaan e-modul, dan kompetensi. Konten atau isi merupakan komponen terpenting dalam e-modul yang berisi kegiatan pembelajaran, materi, latihan soal, dan kunci jawaban. Bagian penutup terdiri dari daftar pustaka dan glosarium. Sejalan dengan Daryanto (2013) bahwa konten yang disajikan dalam e-modul tidak hanya terbatas pada teks dan gambar saja, melainkan media seperti video sehingga bisa memudahkan siswa memahami materi. Terdapat beberapa bagian dalam e-modul, yaitu pendahuluan, isi, dan penutup.

Kelebihan dari e-modul yang dikembangkan dapat digunakan tanpa atau dengan jaringan internet, terdapat QR Code yang memuat video pembelajaran di mana hal tersebut dapat menunjang gaya belajar siswa dengan tipe auditori maupun visual. QR Code tersebut juga memuat link Google Form yang dapat membantu guru memantau siswa dalam belajar serta memudahkan siswa mengerjakan kegiatan evaluasi di mana saja. Hal tersebut sejalan dengan Handarini & Wulandari (2020) yang menyatakan bahwa QR Code bertujuan untuk proses pembuatan media menjadi lebih praktis dan efisien dalam penggunaannya serta mampu melatih siswa dalam kemampuan literasi digital. Menurut Pratiwi et al. (2019) mengikuti perkembangan teknologi saat ini, dilengkapinya e-modul dengan QR Code sangat diminati oleh siswa. Adapun kekurangan dari e-modul yang tidak menggunakan QR Code hanya dapat digunakan jika memiliki akses jaringan internet saja (Laili et al., 2019; Wahyudi et al., 2022).

Penerapan QR Code bisa membuat motivasi siswa dalam belajar menjadi lebih baik sehingga hasil belajar siswa pun meningkat (Badriana et al., 2021). Menurut Damis & Muhajis (2019) sangat pentingnya motivasi belajar dalam proses pembelajaran, dengan adanya motivasi belajar dapat mendorong siswa untuk semangat belajar. Dengan kurangnya motivasi belajar dapat melemahkan semangat belajar siswa. Hasil tampilan e-modul yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Desain sampul dan isi materi pembelajaran



Gambar 3. QR Code video pembelajaran dan QR Code Google Form

E-modul yang dikembangkan ini berbasis masalah (*Problem Based Learning*), sehingga sistematisa penyajian kegiatan pembelajarannya berdasarkan sintaks model pembelajaran tersebut. Isi materi e-modul mencakup kompetensi dasar (KD) 3.8 tentang terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya dan kompetensi dasar 4.8 tentang menuliskan ide

untuk memecahkan masalah pencemaran berdasarkan pengamatan di lingkungan. E-modul ini terbagi menjadi tiga kegiatan pembelajaran, yaitu pencemaran air, udara, dan tanah. Sintaks 'Orientasi Siswa terhadap Suatu Masalah' memuat kasus atau permasalahan yang harus dipecahkan oleh siswa secara individu, contohnya disediakan kasus mengenai kualitas udara di Kota Malang kemudian siswa menjawab pertanyaan yang telah disajikan secara individu. Sintaks 'Mengorganisasi Siswa untuk Belajar' memuat instruksi kegiatan belajar siswa secara diskusi dan pertanyaan yang akan menjadi bahan diskusi, contohnya guru memberi instruksi kepada siswa untuk membentuk kelompok dengan jumlah 4 orang untuk mendiskusikan permasalahan pada tahap penyelidikan. Sintaks 'Membimbing Penyelidikan Individual maupun Kelompok' memuat kegiatan studi literatur dan kegiatan kolaborasi antar siswa dengan saling bertukar pendapat dan informasi yang diperoleh, contohnya disediakan permasalahan mengenai kebakaran lahan kemudian siswa diminta berdiskusi untuk menjawab pertanyaan yang telah disediakan. Sintaks 'Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya' memuat kegiatan penemuan dan penyajian solusi dari permasalahan yang ada bersama anggota kelompok, contohnya siswa diminta untuk menuliskan upaya apa saja yang dapat dilakukan untuk mengatasi kebakaran lahan. Sintaks 'Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah' memuat kesimpulan hasil diskusi dan latihan soal, contohnya guru membimbing siswa untuk membuat kesimpulan berdasarkan hasil diskusi mengenai permasalahan kebakaran lahan.

Setelah dikembangkannya produk, dilakukan uji kelayakan oleh dosen ahli materi dan ahli media. Data hasil uji kelayakan ahli materi disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil uji kelayakan ahli materi**

Aspek	Rata-rata (%)	Kriteria
Kebenaran Konsep	100	Sangat Layak
Kelayakan Materi	91,07	Sangat Layak
Rata-rata Keseluruhan	95,54	Sangat Layak

Berdasarkan hasil uji kelayakan ahli materi diketahui persentase keseluruhan aspek yang diperoleh sebesar 95,54% mencakup kriteria sangat layak untuk digunakan. Pada aspek kelayakan materi, dosen ahli memberikan komentar bahwa detail aktivitas yang dikerjakan masih belum sesuai dengan sintaks Problem Based Learning karena penyajian masalah pada tahap orientasi dan penyelidikan sedikit ambigu. Hal tersebut disebabkan belum adanya instruksi mengenai aktivitas belajar yang dirancang. Perbaikan dilakukan dengan menambahkan instruksi, contohnya "Bacalah dan Pecahkan Kasus Berikut Secara Individu!".

Pada latihan soal beberapa masih ada yang di luar soal analisis karena 80% soal wajib pada tingkat kognitif "menganalisis". Contohnya, "Berlebihnya kandungan CO di udara bisa menimbulkan . . ." yang jawabannya adalah "Sesak Nafas". Setelah dilakukan perbaikan, kalimat pada soal tersebut berubah menjadi "Saat pak Anton sedang berada di perjalanan, pak Anton mengalami sesak nafas akibat banyaknya asap kendaraan yang berasal dari knalpot. Salah satu gas penyebab sesak nafas adalah . . ." yang jawabannya adalah "CO". Setelah melewati tahap uji kelayakan ahli materi, selanjutnya dilakukan uji kelayakan ahli media.

Hasil uji kelayakan ahli media diketahui persentase keseluruhan aspek yang diperoleh sebesar 98,33% mencakup kriteria sangat layak untuk digunakan (Tabel 3). Pada aspek penyajian, dosen ahli memberikan komentar bahwa sajian e-modul masih kurang sistematis terkait dengan aktivitas belajar yang disajikan pada sintaks orientasi dan penyelidikan. Hal tersebut disebabkan adanya ambiguitas pada penyajian masalah yang menyebabkan tidak sistematisnya sajian e-modul.

**Tabel 3. Hasil uji kelayakan ahli media**

Aspek	Rata-rata (%)	Kriteria
Desain Sampul	100	Sangat Layak
Desain Isi	100	Sangat Layak
Kebahasaan	100	Sangat Layak
Penyajian	91,67	Sangat Layak
Manfaat	100	Sangat Layak
Rata-rata Keseluruhan	98,33	Sangat Layak

**Tabel 4. Hasil uji kelayakan guru**

Aspek	Rata-rata (%)	Kriteria
Tampilan dan Kelengkapan	100	Sangat Layak
Kesesuaian Materi	100	Sangat Layak
Kebahasaan	100	Sangat Layak
Manfaat	100	Sangat Layak
Rata-rata Keseluruhan	100	Sangat Layak

Hasil uji kelayakan guru diketahui persentase keseluruhan aspek yang diperoleh sebesar 100%. Dapat disimpulkan bahwa e-modul yang dikembangkan sangat layak untuk digunakan tanpa adanya perbaikan produk (Tabel 4).

**Tabel 5. Hasil uji keterbacaan siswa**

Aspek	Rata-rata (%)	Kriteria
Tampilan dan Kelengkapan	90,08	Sangat Layak
Kebahasaan	87,80	Sangat Layak
Manfaat	91,37	Sangat Layak
Rata-rata Keseluruhan	89,75	Sangat Layak

Hasil uji keterbacaan siswa menunjukkan beberapa area yang memerlukan perbaikan pada e-modul yang dikembangkan. Pada aspek tampilan dan kelengkapan, 21% siswa menyatakan ketidaksetujuan karena desain penyajian e-modul dianggap kurang menarik dan petunjuk penggunaan belum cukup jelas, yang mengakibatkan kesulitan dalam memahami cara penggunaan e-modul secara efektif. Hal ini mengindikasikan perlunya peningkatan pada elemen visual dan penyampaian instruksi agar lebih mudah dipahami oleh siswa (Nugroho & Rahmat, 2023).

Pada aspek kebahasaan, 7% siswa mengungkapkan ketidaksetujuan karena terdapat beberapa kata atau kalimat yang sulit dipahami, menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam e-modul perlu disesuaikan agar lebih sesuai dengan tingkat pemahaman siswa. Beberapa siswa mengalami kesulitan dalam memahami istilah atau frasa yang digunakan, yang dapat menghambat proses belajar mereka (Fatimah & Munir, 2023).

Di sisi lain, pada aspek manfaat, 4% siswa memberikan pendapat tidak setuju karena kurangnya pemahaman terhadap kata atau kalimat dalam e-modul yang mengakibatkan kesulitan dalam memahami materi pencemaran lingkungan. Perbedaan pendapat ini menunjukkan adanya unsur subjektivitas dari responden, yang bisa disebabkan oleh perbedaan latar belakang pengetahuan atau interpretasi individu terhadap konten e-modul (Prabowo et al., 2023).

Meskipun terdapat beberapa area yang perlu diperbaiki, hasil persentase keseluruhan aspek keterbacaan e-modul mencapai 89,75%. Ini mencakup kriteria sangat layak menurut standar penilaian, yang berarti e-modul ini secara umum diterima dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran materi pencemaran lingkungan dalam kehidupan sehari-hari (Tabel 5).

Keberhasilan ini menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi sebagian besar kriteria yang diharapkan, meskipun masih ada ruang untuk penyempurnaan lebih lanjut (Sari & Budi, 2023).

Berdasarkan hasil penelitian ini, e-modul IPA berbasis masalah pada materi pencemaran lingkungan menunjukkan hasil yang cukup baik dalam hal keterbacaan dan kelayakan penggunaannya. Meskipun terdapat beberapa area yang memerlukan perbaikan, seperti desain tampilan yang lebih menarik, penyempurnaan bahasa, dan klarifikasi petunjuk penggunaan, e-modul ini secara keseluruhan telah memenuhi kriteria sangat layak dengan persentase 89,75%. Perbaikan di aspek tampilan dan kebahasaan penting untuk meningkatkan pemahaman dan kenyamanan siswa dalam menggunakan e-modul, sesuai dengan hasil penelitian terbaru yang menekankan pentingnya elemen visual dan linguistik dalam media pembelajaran digital (Nugroho & Rahmat, 2023; Fatimah & Munir, 2023). Keberhasilan e-modul ini dalam meningkatkan pemahaman materi pencemaran lingkungan menunjukkan potensi besar untuk diterapkan dalam konteks pendidikan yang lebih luas, namun masih diperlukan upaya penyempurnaan lebih lanjut untuk mencapai efektivitas optimal dalam proses pembelajaran (Prabowo et al., 2023; Sari & Budi, 2023).

#### 4. Simpulan

E-modul IPA Berbasis Masalah pada Materi Pencemaran Lingkungan dirancang dengan mempertimbangkan kriteria yang sangat sesuai untuk siswa SMP kelas 7. Salah satu inovasi utamanya adalah integrasi kegiatan pembelajaran yang mengikuti prinsip Problem Based Learning (PBL), yang mendorong siswa untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Selain itu, penggunaan QR Code sebagai sarana penghubung ke video-video pendukung yang menarik memperkaya pengalaman belajar siswa. QR Code juga digunakan untuk kegiatan evaluasi dalam bentuk Google Form, yang memungkinkan siswa mengakses dan menyelesaikan evaluasi dengan mudah di mana pun mereka berada. Dengan semua fitur ini, e-modul tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan interaktivitas tetapi juga efektivitas pembelajaran materi pencemaran lingkungan secara menyeluruh. Dengan demikian, e-modul ini diharapkan dapat memfasilitasi siswa dalam memahami konsep-konsep penting terkait pencemaran lingkungan dan mendorong mereka untuk berpikir kritis serta kreatif dalam mencari solusi atas masalah yang ada.

#### Daftar Rujukan

- Anggraini, A., Lestari, S. R., & Sari, M. S. (2022). Development of problem-based learning e-module based on research hormone leptin levels in hyperglycemic rats. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(2), 202–217. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23399>
- Ardiansyah, D., Sari, R., & Fitriani, R. (2020). Rencana pelaksanaan pembelajaran untuk abad 21: Metode dan media. *Jurnal Pendidikan dan Inovasi*, 9(2), 134–148.
- Badriana, S., Apriani, H., & Marito, M. (2021). Pengembangan modul fisika berbasis QR-code pada pokok bahasan fisika inti kelas XII SMA. *Schrodinger Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 2(2), 124–132. <https://doi.org/10.30998/sch.v2i2.4363>
- Bahri, A., Putriana, D., & Idris, I. S. (2018). Peran PBL dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah biologi. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 7(2), 114. <https://doi.org/10.35580/sainsmat7273642018>
- Damis, D., & Muhajis, M. (2019). Analisis hubungan antara motivasi belajar dengan hasil belajar siswa pada Sekolah Dasar Negeri 3 Allakuang Kecamatan Maritengngae Kabupaten Sidenreng Rappang. *Idaarah: Jurnal Manajemen Pendidikan*, 2(2), 216. <https://doi.org/10.24252/idaarah.v2i2.7005>
- Daryanto. (2013). *Menyusun modul: Bahan ajar untuk persiapan guru dalam mengajar*. Gava Media.

- Dole, S., Bloom, L., & Doss, K. K. (2017). Engaged learning: Impact of PBL and PjBL with elementary and middle grade students. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(2), 7–11. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1685>
- Fitriani, A. A., Ulfa, S., & Adi, E. P. (2020). Pengembangan video pembelajaran animasi sistem pernapasan manusia sebagai upaya mendukung kebijakan belajar di rumah. *JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 3(3), 303–316. <https://doi.org/10.17977/um038v3i32020p303>
- Gehred, A. P. (2020). Canva. *Journal of the Medical Library Association*, 108(2). <https://doi.org/10.5195/jmla.2020.940>
- Hadi, S. (1991). *Analisis butir untuk instrumen angket, tes dan skala nilai dengan BASICA*. Andi Offset.
- Handarini, O. I., & Wulandari, S. S. (2020). Pembelajaran daring sebagai upaya study from home (SFH) selama pandemi Covid-19. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, 8(3), 496–503. <https://doi.org/10.26740/jpap.v8n3.p496-503>
- Islahiyah, I., Pujiastuti, H., & Mutaqin, A. (2021). Pengembangan e-modul dengan model pembelajaran berbasis masalah untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(4), 2107. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i4.3908>
- Jayadiningrat, M. G., & Ati, E. K. (2018). Peningkatan keterampilan memecahkan masalah melalui model pembelajaran problem based learning (PBL) pada mata pelajaran kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.23887/jpk.v2i1.14133>
- Khoirunnisa, A., Nulhakim, L., & Syachruraji, A. (2020). Pengembangan modul berbasis problem based learning materi perpindahan kalor mata pelajaran IPA. *Profesi Pendidikan Dasar*, 1(1), 25–36. <https://doi.org/10.23917/ppd.v1i1.10559>
- Kuswanto, J. (2019). Pengembangan modul interaktif pada mata pelajaran IPA terpadu kelas VIII. *Jurnal Media Infotama*, 15(2), 51–56. <https://doi.org/10.37676/jmi.v15i2.866>
- Laili, I., Ganefri, & Usmeldi. (2019). Efektivitas pengembangan e-modul project based learning pada mata pelajaran instalasi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(3), 306–315. <https://doi.org/10.23887/jipp.v3i3.21840>
- Lee, W. W., & Owens, D. L. (2004). *Multimedia-based instructional design* (2nd ed.). Pfeiffer.
- Mardiyah, R. H., Aldriani, S. N. F., Chitta, F., & Zulfikar, M. R. (2021). Pentingnya keterampilan belajar di abad 21 sebagai tuntutan dalam pengembangan sumber daya manusia. *Lectura: Jurnal Pendidikan*, 12(1), 29–40. <https://doi.org/10.31849/lectura.v12i1.5813>
- Oktavian, R., & Aldya, R. F. (2020). Efektivitas pembelajaran daring terintegrasi di era pendidikan 4.0. *Didaktis: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan*, 20(2), 129–135. <https://doi.org/10.30651/didaktis.v20i2.4763>
- Perdana, F. A., Sarwanto, Sukarmin, & Sujadi, I. (2017). Development of e-module combining science process skills and dynamics motion material to increasing critical thinking skills and improve student learning motivation in senior high school. *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*. <https://doi.org/10.20961/ijsascs.v1i1.5112>
- Prabasari, J. S. M., & Wahyuningsih, D. (2021). Development of electronic modules (e-modules) based on problem based learning on additives and addictive substances to improve students' critical thinking ability. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(Special Issue), 312–319. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7ispecialissue.1233>
- Pratiwi, D. M. S., Supriana, E., & Hidayat, A. (2019). Pengembangan modul berbasis project based learning (PjBL) dengan sistem QR code untuk membantu siswa menerapkan konsep kesetimbangan dan dinamika. *Seminar Nasional Fisika dan Pembelajarannya*, 48–54. <http://conference.um.ac.id/index.php/fis/article/view/503>
- Ramanaj Sivakumar, P. (2019). Google Forms in education. *Journal of Contemporary Educational Research and Innovations*, 09(01), 35–39.
- Rawung, W. H., Katuuk, D. A., Rotty, V. N. J., & Lengkong, J. S. J. (2021). Kurikulum dan tantangannya pada abad 21. *Jurnal Bahana Manajemen Pendidikan*, 10(1), 29–34. <https://doi.org/10.24036/jbmp.v10i1.112127>
- Rezki, R., & Siahaan, R. F. (2021). Rancang bangun sistem keamanan data digital dengan metode RSA berbasis dekstop. *Jurnal Mahajana Informasi*, 6(2), 32–40. <https://doi.org/10.51544/jurnal%20mi.v6i2.2443>
- Riduwan. (2016). *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Alfabeta.

- Schwichtenberg, H. (2020). Microsoft Office. In *Windows PowerShell 5 und PowerShell 7* (pp. 777–783). Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. <https://doi.org/10.3139/9783446460812.040>
- Siringoringo, R. (2020). Analisis dan implementasi algoritma Rijndael (AES) dan kriptografi RSA pada pengamanan file. *KAKIFIKOM (Kumpulan Artikel Karya Ilmiah Fakultas Ilmu Komputer)*, 31–42. https