

## Pengembangan E-modul Pembelajaran Kimia Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Sistem Periodik Unsur

<sup>1</sup>Nengsi Mita Hutabarat, <sup>2</sup>Murniaty Simorangkir

<sup>1,2</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

\*Correspondence e-mail: [murniatysimorangkir@unimed.ac.id](mailto:murniatysimorangkir@unimed.ac.id)

Diterima: Juli 2025; Revisi: Agustus 2025; Diterbitkan: Desember 2025

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul pembelajaran kimia berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi Sistem Periodik Unsur serta menguji kelayakan, efektivitas, dan respon siswa terhadap penggunaannya. Metode penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development* dengan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Subjek penelitian adalah 30 siswa kelas X SMA Negeri 1 Sipoholon. Instrumen penelitian mencakup tes keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), angket motivasi belajar, lembar validasi ahli, serta angket respon siswa. Hasil validasi menunjukkan e-modul berada pada kategori sangat valid, dengan skor 88,70% dari ahli materi dan 84,99% dari ahli media. Uji coba menunjukkan peningkatan signifikan pada HOTS dengan nilai *n-gain* 0,78 (kategori tinggi). Selain itu, motivasi belajar siswa juga meningkat dengan rata-rata 89,96% berdasarkan angket dan 89,3% berdasarkan observasi, keduanya dalam kategori sangat baik. Respon siswa terhadap e-modul memperoleh skor 95,98% (sangat positif). Temuan ini membuktikan bahwa e-modul berbasis PBL efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan motivasi belajar siswa, sekaligus berpotensi menjadi alternatif sumber belajar digital yang relevan dengan kebutuhan siswa abad ke-21.

**Kata Kunci:** E-Modul, Problem Based Learning, Sistem Periodik Unsur, HOTS, Motivasi Belajar

## Development of a Chemistry Learning E-module Based on Problem Based Learning on the Periodic Table of Elements Material

### Abstract

This study aims to develop a chemistry e-module based on *Problem Based Learning* (PBL) for the Periodic Table of Elements topic and to examine its feasibility, effectiveness, and student responses. The research employed a *Research and Development* design using the ADDIE model, which includes analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The participants were 30 tenth-grade students from SMA Negeri 1 Sipoholon. Research instruments consisted of a Higher Order Thinking Skills (HOTS) test, a learning motivation questionnaire, expert validation sheets, and a student response questionnaire. The validation results indicated that the e-module was highly valid, with scores of 88.70% from material experts and 84.99% from media experts. The trial implementation revealed a significant improvement in students' HOTS, with an *n-gain* score of 0.78, categorized as high. Furthermore, students' learning motivation reached an average of 89.96% based on the questionnaire and 89.3% based on classroom observation, both of which fall into the very good category. Student responses to the e-module were also highly positive, with a score of 95.98%. These findings demonstrate that the PBL-based e-module is effective in enhancing higher-order thinking skills and learning motivation, and it has the potential to serve as a relevant digital learning resource for 21st-century learners.

**Keywords:** e-Module, Problem Based Learning, Periodic Table of Elements, HOTS, Learning Motivation.

**How to Cite:** Hutabarat, N. M., & Simorangkir, M. (2025). Pengembangan E-modul Pembelajaran Kimia Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Sistem Periodik Unsur. *Reflection Journal*, 5(2), 709–717. <https://doi.org/10.36312/rj.v5i2.3300>



<https://doi.org/10.36312/rj.v5i2.3300>

Copyright©2025, Hutabarat & Simorangkir

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



## PENDAHULUAN

Pembelajaran kimia di tingkat sekolah menengah sering dianggap sebagai tantangan besar baik bagi guru maupun siswa. Hal ini dikarenakan sifat materi kimia yang cenderung abstrak, kompleks, dan penuh perhitungan matematis, sehingga menuntut tingkat pemahaman konseptual yang tinggi dari peserta didik. Salah satu topik yang menonjol dalam hal kesulitan belajar adalah materi Sistem Periodik Unsur. Topik ini tidak hanya mengharuskan siswa memahami konfigurasi elektron dan sifat periodik unsur, tetapi juga menghubungkannya dengan konsep-konsep lanjutan dalam reaksi kimia dan struktur atom. Sayangnya, proses pembelajaran di kelas sering kali masih berpusat pada guru (*teacher-centered*), dengan metode ceramah yang mendominasi, membuat siswa menjadi pasif dan kurang termotivasi untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran (Dimiyati & Mudjiono, 2015).

Berdasarkan observasi awal dan hasil wawancara dengan guru kimia, ditemukan bahwa siswa masih menunjukkan tingkat keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) yang rendah. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata ujian siswa yang masih berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 76. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran yang digunakan saat ini belum mampu mengembangkan kemampuan analisis, evaluasi, dan kreasi yang diperlukan dalam memahami konsep-konsep kimia yang abstrak. Ketimpangan ini semakin diperkuat oleh laporan PISA (Programme for International Student Assessment) tahun 2019 yang menunjukkan bahwa kemampuan sains siswa Indonesia, khususnya dalam hal pemecahan masalah dan penalaran ilmiah, masih berada di bawah rata-rata negara-negara OECD (OECD, 2019).

Menanggapi persoalan tersebut, berbagai pendekatan inovatif telah dikembangkan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran kimia, salah satunya adalah model pembelajaran Problem Based Learning (PBL). Model ini menekankan pada pembelajaran berbasis masalah autentik yang menuntut keterlibatan aktif siswa dalam proses mengkonstruksi pengetahuan, memecahkan masalah, dan merefleksikan solusi yang ditemukan (Barrows, 1996; Savery, 2006). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa PBL dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah, dan motivasi belajar siswa. Namun demikian, efektivitas PBL sangat bergantung pada kualitas rancangan masalah dan panduan yang diberikan dalam proses pembelajaran (Kirschner et al., 2006). Hung (2016) menambahkan bahwa pemilihan dan perancangan masalah yang baik merupakan titik awal keberhasilan implementasi PBL.

Era digital saat ini, kebutuhan akan media pembelajaran yang interaktif dan fleksibel semakin meningkat. Salah satu bentuk media yang potensial adalah e-modul. E-modul merupakan bahan ajar digital yang memuat konten pembelajaran dalam bentuk teks, gambar, animasi, video, dan kuis interaktif. E-modul dapat digunakan secara mandiri oleh siswa, kapan saja dan di mana saja, sesuai dengan prinsip belajar sepanjang hayat (*lifelong learning*). Dalam konteks PBL, e-modul memungkinkan integrasi multimedia dan pendekatan *guided discovery*, yang dinilai mampu mengakomodasi gaya belajar digital native serta meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran (Jong & Lazonder, 2014).

Penelitian mengenai penggunaan e-modul dalam pembelajaran kimia terus berkembang. Namun, sebagian besar studi masih berfokus pada materi selain sistem periodik unsur atau hanya menilai hasil belajar kognitif secara umum tanpa mengukur secara eksplisit pengaruh terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi dan motivasi belajar. Sebagai contoh, studi oleh Gürses et al. (2007) dan Mataka & Kowalske (2015) menunjukkan bahwa pendekatan PBL dapat meningkatkan *self-efficacy* dan kemampuan berpikir kritis, namun belum banyak yang secara langsung mengintegrasikan PBL dalam format e-modul untuk topik sistem periodik unsur. Padahal, materi ini memiliki karakteristik unik yang menuntut pemahaman konseptual mendalam dan kemampuan mengaitkan informasi lintas konsep (Yustina et al., 2020).

Kesenjangan penelitian (*research gap*) terletak pada belum banyaknya pengembangan e-modul berbasis PBL yang dirancang secara khusus untuk materi sistem periodik unsur. Selain itu, masih sedikit kajian yang secara sistematis mengukur keterkaitan antara peningkatan HOTS dan motivasi belajar melalui media digital. Penelitian terdahulu seperti oleh Maghfiroh et al. (2024) masih berfokus pada hasil belajar secara umum dan belum mengintegrasikan desain instruksional yang mendalam berbasis teori motivasi seperti ARCS (Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction). Padahal, motivasi merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan proses pembelajaran, khususnya dalam pembelajaran mandiri berbasis e-learning.

Mempertimbangkan tantangan, urgensi, serta peluang inovasi dalam pembelajaran kimia, penelitian ini mengusulkan pengembangan e-modul berbasis Problem Based Learning (PBL) yang dirancang untuk topik sistem periodik unsur. E-modul ini tidak hanya menyajikan materi secara multimedia, tetapi juga memfasilitasi proses pemecahan masalah autentik, refleksi, dan pembentukan konsep secara mandiri oleh siswa. Setiap unit pembelajaran dalam e-modul dilengkapi dengan skenario masalah, langkah penyelidikan, panduan analisis, serta evaluasi berbasis HOTS.

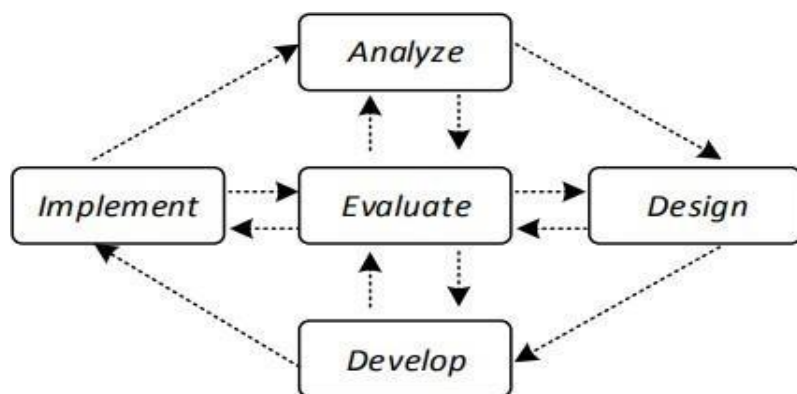
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji kelayakan serta efektivitas e-modul berbasis PBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan motivasi belajar siswa. Fokus penelitian mencakup validasi e-modul oleh para ahli, pengukuran peningkatan HOTS melalui pretest dan

posttest, serta analisis motivasi belajar menggunakan angket dan observasi. Selain itu, tanggapan siswa terhadap e-modul juga dianalisis untuk menilai aspek penerimaan dan keterlibatan pengguna.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatan integratif yang menggabungkan PBL, digitalisasi pembelajaran, dan penguatan HOTS dalam satu desain instruksional. Berbeda dari studi sebelumnya yang umumnya masih bersifat parsial atau terfokus pada satu aspek saja (materi, metode, atau media), penelitian ini menawarkan sebuah model pembelajaran yang holistik dan kontekstual. Desain e-modul yang dikembangkan tidak hanya relevan secara pedagogis, tetapi juga adaptif terhadap kebutuhan dan karakteristik siswa abad ke-21 yang terbiasa dengan lingkungan digital dan pembelajaran mandiri. Ruang lingkup penelitian terbatas pada siswa kelas X SMA Negeri 1 Sipoholon, temuan ini diharapkan dapat menjadi pijakan awal bagi pengembangan model pembelajaran sejenis di topik-topik kimia lain yang bersifat abstrak dan konseptual. Penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan media pembelajaran digital berbasis PBL dan kontribusi praktis dalam penyediaan sumber belajar yang valid, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan siswa.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Model ADDIE dipilih karena memiliki keunggulan dalam menghasilkan media pembelajaran yang sistematis, terstruktur, dan berbasis teori desain pembelajaran. Menurut Sugihartini dan Yudiana (2018), ADDIE merupakan model yang fleksibel dan berlandaskan prinsip desain instruksional, sehingga sesuai digunakan dalam pengembangan e-modul digital berbasis PBL. Selain itu, teori desain pembelajaran menekankan bahwa produk pembelajaran yang baik harus melalui tahap analisis kebutuhan, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi agar menghasilkan media yang valid, praktis, dan efektif.



**Gambar 1.** Model ADDIE (Sugihartini & Yudiana, 2018)

Subjek penelitian adalah 30 siswa kelas X SMA Negeri 1 Sipoholon. Siswa berusia 15–16 tahun, berasal dari latar belakang akademik yang relatif homogen karena sekolah tidak memiliki kelas unggulan. Seluruh siswa memiliki smartphone Android, namun belum pernah menggunakan e-modul digital sebagai sumber belajar. Karakteristik ini menjadi pertimbangan penelitian, namun juga menjadi keterbatasan karena hasil uji coba hanya berlaku pada konteks sekolah tertentu.

Prosedur penelitian pengembangan E-modul ini dilakukan dengan lima tahap sesuai dengan model ADDIE yaitu analisis, tahap desain, tahap pengembangan, tahap implementasi, dan tahap evaluasi. Tahap analisis adalah tahap peneliti menganalisis perlunya pengembangan bahan ajar dan menganalisis kelayakan serta syarat syarat pengembangan. Kegiatan pada tahap design atau perancangan ini terdiri dari perancangan modul, perancangan interface, dan perancangan pengembangan E-modul. Pada tahap development peneliti membuat E-modul pembelajaran kimia berbasis problem based learning pada materi sistem periodik unsur. Tahap implementasi, kegiatan yang dilakukan dalam tahap ini adalah mempersiapkan kelas, guru, dan peserta didik. Tahap uji coba terhadap E-modul bertujuan untuk mengumpulkan data respon peserta didik dan guru kimia dengan menggunakan E-modul berbasis problem based learning dalam proses pembelajaran kimia. Data tersebut diperoleh

dari hasil angket respon peserta didik dan guru yang telah dibuat di tahap sebelumnya. Tahap evaluasi adalah perbaikan setelah dilakukannya tahap implementasi. Pada tahap evaluasi dilakukan revisi akhir terhadap E-modul yang dikembangkan berdasarkan angket respon peserta didik dan guru yang diberikan selama tahap implementasi.

Instrumen penelitian meliputi: (1) tes keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), (2) lembar validasi e-modul, (3) angket motivasi belajar, dan (4) angket respon siswa. Validitas instrumen dilakukan melalui:

1. Validitas isi: dinilai oleh dua validator, terdiri atas dua dosen ahli pendidikan kimia. Mereka menilai kesesuaian indikator, kejelasan bahasa, dan keterkaitan butir instrumen dengan tujuan penelitian.
2. Validitas konstruk: khusus instrumen motivasi belajar yang disusun berdasarkan model ARCS (Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction). Konstruk diuji melalui kesesuaian indikator dengan teori motivasi.
3. Reliabilitas: uji coba instrumen tes HOTS dianalisis menggunakan rumus  $R_{xy}$  untuk mengetahui konsistensi internal soal. Selain itu, dilakukan analisis tingkat kesukaran, daya pembeda, dan efektivitas distraktor sebelum soal digunakan.

Tahap uji coba terhadap E-modul bertujuan untuk mengumpulkan data respon peserta didik dan guru kimia dengan menggunakan E-modul berbasis problem based learning dalam proses pembelajaran kimia. Data tersebut diperoleh dari hasil angket respon peserta didik dan guru yang telah dibuat di tahap sebelumnya. Tahap evaluasi adalah perbaikan setelah dilakukannya tahap implementasi. Pada tahap evaluasi dilakukan revisi akhir terhadap E-modul yang dikembangkan berdasarkan angket respon peserta didik dan guru yang diberikan selama tahap implementasi.

Teknik analisis data merupakan suatu proses dalam pengolahan data untuk menjadikan suatu solusi dalam suatu permasalahan. Analisis data dari penelitian ini bertujuan untuk menjawab suatu pertanyaan dari penelitian pengembangan bahan ajar berupa e-modul ini.

### Validasi E-Modul

Analisis yang digunakan untuk validasi e-modul digunakan rumus :

$$P = \frac{f}{n} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

dengan P adalah persentase, f adalah skor yang diperoleh, dan n adalah skor maksimal. Kriteria validasi dibagi menjadi lima kategori: sangat valid (81–100%), valid (61–80%), cukup valid (41–60%), kurang valid (21–40%), dan tidak valid (0–20%). (Arikunto, 2018)

### Peningkatan HOTS (n-Gain)

Menentukan peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dilalui oleh siswa sebelum dan sesudah penerapan E-modul yang dikembangkan, akan digunakan analisa data dengan rumus n-gain ternormalisasi.

$$N - Gain(g) = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pretest}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Kategori indeks n-gain dibagi menjadi: tinggi ( $\geq 0,70$ ), sedang ( $0,30 < n\text{-gain} < 0,70$ ), dan rendah ( $\leq 0,30$ ) (Isman et al., 2023). (Isman dkk, 2023)

### Analisis Motivasi dan Respon Siswa

Data dianalisis dengan rumus persentase yang sama. Kriteria interpretasi: sangat baik (80–100%), baik (60–79%), cukup baik (40–59%), dan tidak baik (<39%). Analisis gabungan ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kelayakan, efektivitas, dan penerimaan e-modul sebagai media pembelajaran kimia berbasis PBL.

$$P = \frac{f}{n} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

P : Presentase skor dalam persen(%)

f : Jumlah skor yang diperoleh siswa

n : Jumlah skor maksima

## HASIL DAN DISKUSI

### Analisis Kebutuhan dan Identifikasi Masalah

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa mayoritas siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi Sistem Periodik Unsur. Dari 30 responden yang terlibat dalam survei awal, sebanyak 25 siswa menganggap bahwa metode pembelajaran yang diterapkan di kelas cenderung monoton dan kurang kontekstual. Seluruh siswa mengungkapkan keinginan untuk menggunakan media pembelajaran berbasis teknologi yang lebih fleksibel, interaktif, dan dapat diakses secara mandiri.

Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan pembelajaran siswa dengan sumber belajar yang tersedia. Buku teks yang digunakan di sekolah cenderung menyajikan materi secara teoretis tanpa mengaitkannya dengan konteks kehidupan nyata, sehingga menghambat proses pemahaman konseptual. Keadaan ini berdampak pada rendahnya motivasi belajar serta kurangnya keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran aktif dan bermakna.

### Hasil Validasi E-Modul

Validasi dilakukan oleh dua ahli, yaitu dosen pendidikan kimia yang menilai aspek isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan. Hasil validasi dari ahli materi menunjukkan rata-rata skor 88,70%, dengan kategori "sangat valid." Penilaian aspek meliputi kelayakan isi (85,71%), bahasa (95,71%), penyajian (86,25%), dan kegrafikan (87,14%).

Sementara itu, validasi oleh ahli media memperoleh rata-rata skor sebesar 84,99% dengan kategori "sangat valid." Penilaian media meliputi kegrafikan (86,66%) dan kelayakan bahasa (83,33%). Hal ini menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan telah memenuhi standar kualitas dari segi isi maupun tampilan visual.

**Tabel 1.** Hasil Validasi E-Modul

| Aspek Penilaian              | Rata-rata (%) |
|------------------------------|---------------|
| Kelayakan Isi                | 85,71%        |
| Kelayakan Bahasa             | 95,71%        |
| Kelayakan Penyajian          | 86,25%        |
| Kelayakan Kegrafikan         | 87,14%        |
| <b>Rata-rata Keseluruhan</b> | <b>88,70%</b> |

**Tabel 2.** Hasil Validasi Media

| Aspek Penilaian              | Rata-rata (%) |
|------------------------------|---------------|
| Kelayakan Kegrafikan         | 86,66%        |
| Kelayakan Bahasa             | 83,33%        |
| <b>Rata-rata Keseluruhan</b> | <b>84,99%</b> |

Validasi ini memperkuat bahwa e-modul tidak hanya sesuai secara pedagogis, tetapi juga secara visual dan fungsional, sehingga siap digunakan dalam proses pembelajaran.

### Peningkatan HOTS (Higher Order Thinking Skills)

Untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi, dilakukan tes pretest dan posttest sebelum dan sesudah penggunaan e-modul. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata



pretest adalah 33,5, sedangkan posttest meningkat menjadi 85,83. Perhitungan nilai gain menggunakan rumus  $n$ -gain menunjukkan nilai 0,78 yang masuk dalam kategori “tinggi.”

**Tabel 3.** Nilai Pretest dan Posttest

| Jenis Tes       | Nilai Rata-Rata |
|-----------------|-----------------|
| Pretest         | 33,5            |
| Posttest        | 85,83           |
| <b>N-Gain</b>   | <b>0,78</b>     |
| <b>Kategori</b> | <b>Tinggi</b>   |

Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan e-modul berbasis PBL mampu secara signifikan meningkatkan kemampuan siswa dalam menganalisis, mengevaluasi, dan menciptakan solusi atas permasalahan kimia.

### Motivasi Belajar Siswa

Motivasi belajar siswa diukur menggunakan angket dan observasi yang disusun berdasarkan model ARCS. Hasil angket menunjukkan nilai rata-rata sebesar 89,96%, sementara hasil observasi memperoleh nilai 89,3%. Keduanya termasuk dalam kategori “sangat baik.”

**Tabel 4.** Hasil Motivasi Belajar Siswa

| Sumber Data | Rata-Rata (%) |
|-------------|---------------|
| Angket      | 89,96%        |
| Observasi   | 89,3%         |

Data ini menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya meningkatkan aspek kognitif, tetapi juga mampu mendorong afeksi siswa terhadap proses pembelajaran, termasuk ketertarikan, rasa percaya diri, dan kepuasan dalam belajar kimia.

### Respon Siswa terhadap E-Modul

Respon siswa terhadap e-modul juga menunjukkan hasil yang sangat positif. Aspek yang dinilai meliputi isi materi, tampilan visual, dan manfaat e-modul. Nilai rata-rata keseluruhan mencapai 95,98%, dengan semua aspek masuk dalam kategori “sangat baik.”

**Tabel 5.** Hasil Respon Siswa

| Aspek Penilaian              | Rata-Rata (%) |
|------------------------------|---------------|
| Aspek Materi                 | 98%           |
| Aspek Tampilan               | 94,84%        |
| Aspek Manfaat                | 95,11%        |
| <b>Rata-Rata Keseluruhan</b> | <b>95,98%</b> |

Sebagian besar siswa menyatakan bahwa e-modul mudah diakses, tampilan menarik, dan membantu mereka memahami materi secara lebih menyenangkan. Temuan ini konsisten dengan teori yang menyebutkan bahwa media digital yang menarik dan interaktif dapat meningkatkan keterlibatan dan kepuasan belajar siswa (Arends, 2012).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan e-modul berbasis Problem Based Learning (PBL) pada materi Sistem Periodik Unsur terbukti valid, efektif, dan diterima dengan sangat baik oleh siswa. E-modul yang dikembangkan mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) siswa serta mendorong motivasi belajar yang tinggi. Pembahasan ini mengkaji hasil-hasil tersebut dalam kerangka teori dan temuan penelitian sebelumnya.

Pertama, dari sisi validitas, e-modul memperoleh skor validasi yang sangat tinggi baik dari ahli materi (88,70%) maupun ahli media (84,99%). Nilai tersebut menunjukkan bahwa isi e-modul telah sesuai dengan kurikulum, mampu menyajikan materi dengan bahasa yang jelas, tampilan yang menarik, serta penyajian yang sistematis. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Rachmat et al. (2023), yang

menyatakan bahwa e-modul praktikum fisika berbasis PBL dinyatakan sangat valid oleh para ahli, dengan skor 88,3%. Irmayani et al. (2022) juga melaporkan bahwa e-modul berbasis STEM-PBL memiliki tingkat validitas tinggi, yakni antara 87,5% hingga 94,62%. Hal ini memperkuat temuan bahwa integrasi pendekatan PBL dalam e-modul meningkatkan kualitas dan keberterimaan produk oleh para pakar.

Kedua, dari aspek peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi, e-modul ini menunjukkan efektivitas yang tinggi. N-Gain sebesar 0,78 dikategorikan sebagai peningkatan “tinggi”, menunjukkan bahwa e-modul berhasil mendorong siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menciptakan solusi dari permasalahan kontekstual. Hal ini mendukung temuan Gürses et al. (2007), yang menyatakan bahwa PBL dapat secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran kimia. Hasil ini juga sejalan dengan Mataka & Kowalske (2015), yang menemukan bahwa PBL di laboratorium kimia tidak hanya meningkatkan HOTS, tetapi juga keyakinan diri siswa (self-efficacy) terhadap kemampuan mereka.

Namun, perlu dicatat bahwa tidak semua indikator HOTS meningkat secara merata. Beberapa siswa masih mengalami kesulitan dalam indikator evaluasi, khususnya dalam menilai alternatif solusi dan menentukan argumen yang paling logis. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pendekatan PBL dapat meningkatkan HOTS secara umum, penguatan perlu diberikan pada sub-kompetensi tertentu. Fenomena ini juga diperlihatkan dalam penelitian oleh Arifiani et al. (2024), yang menyatakan bahwa peningkatan HOTS melalui PBL sangat dipengaruhi oleh desain masalah dan scaffolding yang diberikan guru selama pembelajaran.

Ketiga, peningkatan motivasi belajar siswa juga sangat signifikan. Hasil angket dan observasi menunjukkan bahwa siswa sangat termotivasi menggunakan e-modul ini, dengan skor rata-rata di atas 89%. Motivasi tersebut mencakup perhatian (attention), relevansi materi (relevance), kepercayaan diri (confidence), dan kepuasan belajar (satisfaction), sebagaimana yang dikembangkan dalam model ARCS. Penemuan ini konsisten dengan hasil meta-analisis oleh Arifiani et al. (2024), yang menyatakan bahwa PBL secara signifikan berkontribusi dalam meningkatkan motivasi belajar siswa, terutama pada mata pelajaran kimia. Motivasi yang tinggi ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh keberadaan fitur interaktif, visualisasi yang menarik, serta kebebasan siswa dalam mengeksplorasi materi sesuai kecepatan mereka sendiri.

Keempat, tanggapan siswa terhadap e-modul juga menunjukkan hasil yang sangat positif. Skor 95,98% mengindikasikan bahwa siswa menilai e-modul ini sebagai media yang sangat baik dari segi tampilan, manfaat, maupun kemudahan akses. Hal ini memperkuat pernyataan Arends (2012) bahwa pembelajaran berbasis masalah yang dikemas dalam media digital mampu menciptakan lingkungan belajar yang aktif, bermakna, dan menyenangkan. Temuan ini juga menegaskan bahwa siswa lebih menyukai pembelajaran yang memungkinkan mereka untuk berinteraksi secara langsung dengan materi, serta terlibat dalam penyelesaian masalah secara mandiri.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan. Pertama, uji coba dilakukan dalam skala terbatas pada satu kelas di satu sekolah, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan ke populasi yang lebih luas. Kedua, pengukuran efektivitas hanya mencakup ranah kognitif dan afektif, tanpa mengukur dampak terhadap aspek psikomotorik siswa. Ketiga, belum dilakukan studi lanjutan untuk melihat efektivitas jangka panjang e-modul dalam pembelajaran kimia secara berkelanjutan.

Namun demikian, kontribusi teoritis dari penelitian ini cukup signifikan. Penelitian ini memperkuat kerangka kerja yang menyatakan bahwa PBL merupakan pendekatan yang mampu menjembatani antara pembelajaran teoritis dan aplikatif dalam bidang sains (Anderson & Krathwohl, 2001; Savery, 2006). E-modul yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian informasi, tetapi juga sebagai alat instruksional yang memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan, pengambilan keputusan, dan refleksi kritis.

Selain itu, dari sisi praktis, e-modul ini menjadi solusi alternatif untuk mengatasi permasalahan pembelajaran kimia yang selama ini dianggap sulit dan membosankan. Integrasi PBL dalam e-modul digital menjadikan pembelajaran lebih kontekstual, menarik, dan sesuai dengan karakteristik siswa masa kini yang akrab dengan teknologi. Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan media

serupa pada materi kimia lain yang bersifat abstrak dan kompleks, seperti ikatan kimia, reaksi redoks, atau stoikiometri.

E-modul kimia berbasis Problem Based Learning yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak hanya layak dan efektif, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap keterampilan berpikir dan motivasi belajar siswa. Penggunaan model ADDIE dalam proses pengembangannya juga terbukti menghasilkan produk pembelajaran yang terstruktur, valid, dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik.

## KESIMPULAN

Temuan ini memberikan kontribusi teoretis penting bagi pengembangan teori pembelajaran kimia. E-modul berbasis PBL tidak hanya berfungsi sebagai media penyampai materi, tetapi juga sebagai desain instruksional yang mampu mengintegrasikan kerangka teori HOTS dalam pembelajaran kimia. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat bukti bahwa pendekatan berbasis masalah dalam format digital dapat mengatasi kesulitan siswa dalam memahami konsep kimia yang abstrak, serta mendorong keterampilan analitis, evaluatif, dan kreatif secara lebih efektif dibandingkan metode konvensional.

Penelitian ini berhasil mengembangkan e-modul berbasis Problem Based Learning (PBL) pada materi Sistem Periodik Unsur yang dinyatakan valid, praktis, dan efektif. Hasil uji coba menunjukkan peningkatan signifikan pada keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) dengan N-gain 0,78 (kategori tinggi), serta motivasi belajar siswa dengan skor rata-rata 89,96% (angket) dan 89,3% (observasi). Respon siswa terhadap e-modul juga sangat positif, dengan skor 95,98%.

## REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pengembangan e-modul pembelajaran berbasis *problem based learning* dilanjutkan dengan uji coba pada skala yang lebih luas, mencakup berbagai sekolah dengan karakteristik siswa yang berbeda. Hambatan yang ditemukan dalam penelitian ini, seperti keterbatasan akses internet pada sebagian siswa, perlu diantisipasi melalui penyediaan versi *offline* dari e-modul. Selain itu, diperlukan pelatihan bagi guru untuk memanfaatkan e-modul secara optimal dalam pembelajaran, agar integrasi teknologi dan model pembelajaran *problem based learning* dapat berjalan efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Arifiani, D., Suharno, S., & Rintayati, P. (2024). Problem-based learning to increase learning motivation in chemistry: A literature review-bibliometric analysis. *ASEAN Journal for Science Education*, 3(1), 91–102.
- Arikunto, S. (2018). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*. Rineka Cipta.
- Astuti, I. A. D., Surjono, H. D., & Wangid, M. N. (2018). Developing an interactive multimedia for periodic table learning. *Indonesian Journal of Informatics Education*, 2(2), 85–92.
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 3–12.
- De Jong, T., & Lazonder, A. W. (2014). The guided discovery principle in multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 373–390). Cambridge University Press.
- Dimiyati, & Mudjiono. (2015). *Belajar dan pembelajaran*. Rineka Cipta.
- Gürses, A., Dogar, Ç., & Güneş, K. (2007). An investigation into the effectiveness of problem-based learning in a physical chemistry laboratory course. *Research in Science & Technological Education*, 25(1), 99–113.
- Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. *Unpublished manuscript*. Retrieved from <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>
- Hung, W. (2016). All PBL starts here: The problem. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 10(2).



- Irmayani, I., Fitriani, R., & Halimah, L. (2022). Pengembangan e-modul berbasis STEM-PBL untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(2), 1253–1265.
- Isman, A., Okra, R., Zakir, S., & Efriyanti, L. (2023). Perancangan media pembelajaran mata pelajaran pendidikan jasmani materi pencak silat berbasis augmented reality di SMPN 1 Koto XI Tarusan kelas VIII. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 325–331.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Maghfiroh, A. M., Munandar, K., & Priantari, I. (2024). E-modul berbasis model pembelajaran problem based learning untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*, 7(1), 12–21.
- Mataka, L. M., & Kowalske, M. G. (2015). The influence of PBL on students' self-efficacy beliefs in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 929–938.
- OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing.
- Prasetyani, E., Hartono, Y., & Susanti, E. (2016). Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas XI dalam pembelajaran trigonometri berbasis masalah di SMA Negeri 18 Palembang. *Jurnal Gantang*, 1(1), 31–40.
- Rachmat, A., Rahayu, S., & Nurlina, N. (2023). Pengembangan e-modul praktikum fisika berbasis problem based learning untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(1), 45–55.
- Sari, M. P., Andromeda, & Hardinata, A. (2020). Studi kesulitan belajar mahasiswa jurusan pendidikan IPA dalam mempelajari sifat periodik unsur. *Jurnal Esakta Pendidikan*, 4(1), 18–26.
- Sartika, I., Dafrita, I. E., & Nawawi, N. (2024). Pengembangan e-modul berbasis Problem Based Learning (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi sistem pencernaan manusia kelas XI SMAN 1 Samalantan. *BIODIK*, 10(3), 311–320.
- Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9–20.
- Sugihartini, N., & Yudiana, K. (2018). Addie sebagai model pengembangan media instruksional edukatif (MIE) mata kuliah kurikulum dan pengajaran. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 15(2), 277–286.
- Yustina, Y., Syafii, W., & Vebrianto, R. (2020). The effects of blended learning and project-based learning on pre-service biology teachers' creative thinking skills through online learning in the COVID-19 pandemic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 408–420.