

PENGEMBANGAN E-MODUL SIFAT KOLIGATIF LARUTAN DENGAN PENDEKATAN TPACK MENGGUNAKAN MODEL PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MURID

Development of A Colligative Properties E-Modul with the TPACK Approach Using the Problem Based Learning Model to Improve Students' Critical Thinking Skills

Mizratul Audah^{1*}, Iriani Bakti¹, Arif Sholahuddin¹, Rilia Iriani¹

¹Pendidikan Kimia FKIP Universitas Lambung Mangkurat,

Jl. Brigjend H. Hasan Basri Banjarmasin 70123 Kalimantan Selatan Indonesia

*email: mizratulaudah15@gmail.com

Informasi Artikel	Abstrak
Kata kunci: e-modul, TPACK, problem based learning, berpikir kritis, sifat koligatif larutan	Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul sifat koligatif larutan berbasis <i>Problem Based Learning</i> (PBL) terintegrasi <i>Technological, Pedagogical, and Content Knowledge</i> (TPACK) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid kelas XII. Penelitian ini menggunakan metode <i>Research and Development</i> (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap <i>analyze, design, development, implementation, dan evaluation</i> . Subjek uji coba utama penelitian adalah 17 murid kelas XII-KIM 1 MAN 1 Banjarmasin. Data dikumpulkan melalui lembar validasi, angket respons murid dan guru, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, serta tes kemampuan berpikir kritis. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan kriteria validitas, kepraktisan, dan efektivitas menggunakan nilai <i>N-Gain</i> . Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul memperoleh tingkat validitas sebesar 97,41% dengan kategori sangat valid dan tingkat kepraktisan sebesar 91,76% dengan kategori sangat praktis. Hasil uji efektivitas menunjukkan nilai <i>N-Gain</i> sebesar 82,55% dengan kategori tinggi. Dengan demikian, e-modul berbasis PBL terintegrasi TPACK layak digunakan sebagai alternatif bahan ajar digital untuk mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis murid pada materi sifat koligatif larutan.
Keywords: <i>e-module, TPACK, problem based learning, critical thinking, colligative properties</i>	Abstract. <i>This study aimed to develop an e-module on colligative properties based on Problem Based Learning (PBL) integrated with the Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK) approach to improve the critical thinking skills of twelfth-grade students. This study employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, which consists of five stages: analyze, design, development, implementation, and evaluation. The main subjects of the study were 17 students of class XII-KIM 1 at MAN 1 Banjarmasin. Data were collected through validation sheets, student and teacher response questionnaires, learning implementation observation sheets, and critical thinking tests. The data were analyzed descriptively and quantitatively based on validity, practicality, and effectiveness criteria using the N-Gain score. The results showed that the developed e-module achieved a validity score of 97.41%, categorized as very valid, and a practicality score of 91.76%, categorized as very practical. The effectiveness test resulted in an N-Gain score of 82.55%, categorized as high. Therefore, the PBL-based e-module integrated with TPACK</i>

Copyright © JCAE-Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa, e-ISSN 2613-9782

How to cite: Audah, M., Bakti, I., Sholahuddin, A., & Iriani R. (2026). PENGEMBANGAN E-MODUL SIFAT KOLIGATIF LARUTAN DENGAN PENDEKATAN TPACK MENGGUNAKAN MODEL PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MURID. JCAE (Journal of Chemistry And Education), 9(3), 130-143.

is feasible as an alternative digital teaching material to support the development of students' critical thinking skills in learning colligative properties.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital pada abad ke-21 menuntut dunia pendidikan untuk menghasilkan murid yang tidak hanya memiliki penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan berpikir tingkat tinggi (Satria et al., 2025). Salah satu keterampilan penting yang harus dimiliki murid adalah kemampuan berpikir kritis. Kemampuan berpikir kritis berperan penting dalam membantu murid menganalisis informasi, mengevaluasi permasalahan serta menentukan solusi secara logis dan sistematis dalam proses pembelajaran. Menurut Ennis (2011), kemampuan berpikir kritis merupakan proses berpikir reflektif dan rasional yang digunakan untuk menentukan keputusan berdasarkan alasan yang dapat dipertanggungjawabkan. Namun, kemampuan berpikir kritis murid di Indonesia masih tergolong rendah (Rafsanjani & Rozaq, 2024). Hasil *Programme for International Students Assessment* (PISA) menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains murid di Indonesia masih berada di bawah rata-rata OECD (Mardhiah et al., 2025; Yasinta et al., 2022) kondisi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran sains termasuk kimia, masih memerlukan inovasi untuk meningkatkan kualitas proses dan hasil pembelajaran.

Rendahnya kemampuan berpikir kritis murid dipengaruhi oleh proses pembelajaran yang masih berpusat pada guru (*teacher centered learning*) (Sucipta et al., 2023). Pembelajaran yang dominan menggunakan metode ceramah menyebabkan murid cenderung pasif dan hanya berorientasi pada hafalan konsep tanpa memahami penerapan materi secara kontekstual. Menurut Triwulandari & Supardi (2022), pembelajaran yang tidak melibatkan aktivitas analisis dan pemecahan masalah menyebabkan kemampuan berpikir kritis murid sulit berkembang secara optimal. Permasalahan tersebut juga ditemukan dalam pembelajaran kimia khususnya pada materi sifat koligatif larutan. Materi sifat koligatif larutan bersifat abstrak dan membutuhkan kemampuan analisis matematis serta pemahaman konsep yang baik (Pratiwi & Guspatni, 2022). Murid sering mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara konsep teori dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari sehingga berdampak pada rendahnya hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis.

Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid adalah *problem based learning*. Model *problem based learning* merupakan model pembelajaran yang berorientasi pada penyelesaian masalah kontekstual melalui kegiatan penyelidikan dan diskusi kelompok (Kusumawati et al., 2022). Menurut Arends (2012), *problem based learning* mampu membantu murid mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan keterampilan belajar mandiri melalui aktivitas pembelajaran yang berpusat pada murid. Penelitian Jayanti & Pertiwi (2023), juga menunjukkan bahwa penerapan model *problem based learning* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid pada pembelajaran kimia. Melalui model ini, murid didorong untuk aktif mencari informasi, menganalisis data, serta merumuskan solusi terhadap permasalahan yang diberikan sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Penerapan model *problem based learning* perlu didukung dengan penggunaan bahan ajar yang inovatif dan sesuai dengan perkembangan teknologi pendidikan (Febrila et al., 2024). Salah satu bahan ajar yang dapat digunakan adalah e-modul. E-modul merupakan bahan ajar elektronik yang disusun secara sistematis dan interaktif sehingga dapat mendukung pembelajaran mandiri murid (Lastri, 2023).

Penggunaan e-modul memungkinkan integrasi multimedia seperti video, animasi, gambar dan latihan interaktif yang dapat membantu murid memahami konsep abstrak dalam pembelajaran kimia. Menurut Santoso et al. (2021), penggunaan e-modul interaktif mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan murid dalam proses pembelajaran. Selain itu, pengembangan e-modul yang terintegrasi dengan pendekatan *Technological, Pedagogical, and Content Knowledge* (TPACK) dapat membantu guru mengintegrasikan teknologi, strategi pembelajaran, materi pembelajaran secara efektif. Rahimah & Yerimadesi (2025) menyatakan bahwa pendekatan TPACK merupakan kerangka pengetahuan yang mengintegrasikan teknologi, pedagogik, dan konten untuk menciptakan pembelajaran yang inovatif dan efektif.

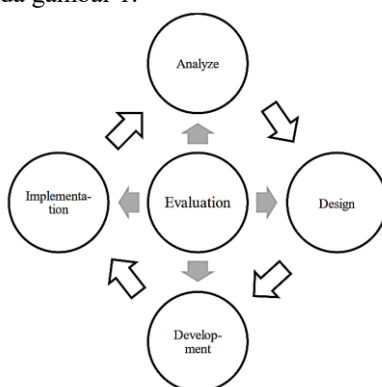
Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa e-modul dan model *problem based learning* dapat mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran. Asmi et al. (2024), mengembangkan e-modul berbasis *problem based learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran kimia. Penelitian Pertiwi et al. (2024) menunjukkan bahwa e-modul interaktif dapat mendukung peningkatan keterlibatan dan pemahaman konsep murid. Sementara itu, Mairisiska et al. (2024) mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis TPACK pada materi sifat koligatif larutan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Meskipun penelitian-penelitian tersebut telah menunjukkan manfaat masing-masing pendekatan, masih terdapat keterbatasan pada integrasi komponen teknologi, pedagogi, dan konten dengan sintaks *problem based learning* dalam satu e-modul yang secara khusus dikembangkan pada materi sifat koligatif larutan. Penelitian Asmi et al. (2024) menekankan penggunaan e-modul berbasis *problem based learning*, sedangkan Mairisiska et al. (2024) menekankan penerapan TPACK dalam perangkat pembelajaran pada materi sifat koligatif larutan. Dengan demikian, berdasarkan penelitian terdahulu yang ditelaah, terdapat research gap berupa kebutuhan akan bahan ajar digital yang tidak hanya menggunakan e-modul, PBL, atau TPACK secara terpisah, tetapi mengintegrasikan ketiganya secara terpadu untuk memfasilitasi kemampuan berpikir kritis pada materi sifat koligatif larutan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi pendekatan *Technological, Pedagogical, and Content Knowledge* (TPACK) dengan sintaks *problem based learning* dalam desain e-modul materi sifat koligatif larutan untuk memfasilitasi kemampuan berpikir kritis murid. Integrasi tersebut diwujudkan melalui keterkaitan antara konten kimia, pemanfaatan teknologi digital berupa video, animasi, dan latihan interaktif, serta aktivitas pembelajaran yang disusun mengikuti tahapan *problem based learning*. Dengan demikian, fitur digital bukan merupakan kebaruan yang berdiri sendiri, tetapi berfungsi sebagai bagian dari penerapan TPACK untuk mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis masalah. Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada rancangan bahan ajar digital yang mengintegrasikan aspek teknologi, pedagogi, dan konten dengan aktivitas PBL dalam satu e-modul untuk mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis murid.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan e-modul sifat koligatif larutan yang mengintegrasikan pendekatan *Technological, Pedagogical, and Content Knowledge* (TPACK) dengan model *problem based learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid kelas XII-KIM 1 di MAN 1 Banjarmasin. E-modul yang dikembangkan dirancang untuk mengintegrasikan teknologi digital, konten kimia, dan aktivitas pembelajaran berbasis masalah dalam satu bahan ajar.

METODE PENELITIAN

Pengembangan ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahapan, yaitu tahap *analyze*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Alur tahapan model ADDIE dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan model ADDIE

(Waruwu, 2024).

Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan sistematis dan sesuai untuk pengembangan bahan ajar digital berupa e-modul (Rachma et al., 2023). Tahap *analyze* digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan permasalahan pembelajaran sifat koligatif larutan. Tahap *design* dan *development* mencakup perancangan e-modul serta integrasi TPACK dan sintaks PBL, diikuti validasi produk. Tahap *implementation* dilakukan melalui uji keterbacaan dan uji coba utama, sedangkan *evaluation* digunakan untuk menganalisis validitas, kepraktisan, dan efektivitas produk.

Subjek penelitian ini terdiri dari lima orang validator ahli, yaitu tiga orang dosen Pendidikan Kimia dan dua orang guru kimia di MAN 1 Banjarmasin. Validator dipilih berdasarkan kesesuaian bidang keahlian dengan produk yang dikembangkan serta pengalaman dalam pembelajaran kimia dan pengembangan bahan ajar. Salah satu dosen Pendidikan Kimia memiliki keahlian di bidang media pembelajaran, sedangkan salah satu guru kimia memiliki pengalaman dan pemahaman dalam penggunaan media pembelajaran. Kelima validator memberikan penilaian terhadap seluruh aspek kelayakan e-modul yang meliputi aspek isi, penyajian, kebahasaan, dan media. Dengan demikian, proses validasi dilakukan secara komprehensif dengan melibatkan penilaian dari validator yang memiliki latar belakang keahlian kimia dan pengalaman dalam penggunaan maupun pengembangan media pembelajaran.

Selain validator ahli, subjek penelitian juga terdiri atas satu orang guru mata pelajaran kimia dan 17 murid kelas XII-KIM 1 MAN 1 Banjarmasin tahun ajaran 2025/2026 sebagai subjek uji coba utama. Pengambilan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik kelas dan kebutuhan penelitian (Sugiyono, 2015). Sedangkan objek penelitian berupa e-modul sifat koligatif larutan berbasis *problem based learning* terintegrasi TPACK untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar validasi, angket respon guru dan murid, angket keterlaksanaan pembelajaran, lembar observasi kemampuan guru menggunakan e-modul, serta tes kemampuan berpikir kritis berupa soal pre-test dan post-test. Lembar validasi digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan e-modul berdasarkan penilaian validator ahli. Angket respon guru dan murid digunakan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul yang dikembangkan selama proses

pembelajaran. Lembar observasi digunakan untuk mengamati keterlaksanaan pembelajaran menggunakan e-modul. Tes kemampuan berpikir kritis digunakan untuk mengetahui efektivitas e-modul berdasarkan indikator FRISCO yang kemukakan Ennis. Enam indikator tersebut yaitu focus, reason, inference, situation, clarity dan overview.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui validasi ahli, observasi, penyebaran angket, dan tes hasil belajar. Data validitas dan kepraktisan dianalisis menggunakan persentase skor dengan rumus berikut:

$$P_{(s)} = \frac{S}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

$P_{(s)}$ = Persentase sub variabel

S = jumlah skor setiap sub variabel

N = total skor maksimum

Kategori hasil analisis validitas e-modul dapat disesuaikan dengan tabel 1.

Tabel 1. Kategori hasil validitas e-modul

Persentase	Kategori
$82\% \leq V \leq 100\%$	Sangat Valid
$63\% \leq V < 82\%$	Valid
$44\% \leq V < 63\%$	Cukup Valid
$25\% \leq V < 44\%$	Tidak Valid

(Sugiyono, 2015).

Kategori kepraktisan e-modul dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kategori hasil kepraktisan e-modul

Persentase	Kategori
$81\% \leq P \leq 100\%$	Sangat Praktis
$61\% \leq P \leq 80\%$	Praktis
$41\% \leq P \leq 60\%$	Cukup Praktis
$21\% \leq P \leq 40\%$	Kurang Praktis
$P \leq 20\%$	Tidak Praktis

(Nisa et al., 2023).

Data efektivitas e-modul dianalisis menggunakan rumus N-gain untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis murid sebelum dan sesudah penggunaan e-modul. Rumus N-gain yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$N - \text{gain} = \frac{S_f - S_i}{S_m - S_i}$$

Keterangan :

S_f = nilai post-test

S_i = nilai pre-test

S_m = skor ideal

Hasil analisis N-gain dapat dikategorikan pada tabel 3.

Tabel 3. Kategori nilai N-gain

Nilai	Kategori
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > g > 0,3$	Sedang
$g \leq 0,3$	Rendah

(Bybee, 2015).

Data penelitian dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk mendeskripsikan tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas e-modul yang dikembangkan. Dengan

demikian, hasil analisis digunakan untuk menentukan kelayakan e-modul sifat koligatif larutan berbasis problem based learning terintegrasi TPACK sebagai bahan ajar inovatif dalam pembelajaran kimia.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan produk berupa e-modul sifat koligatif larutan berbasis *problem based learning* terintegrasi *technological, pedagogical and content knowledge* (TPACK) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid kelas XII MAN 1 Banjarmasin. Pengembangan e-modul dilakukan menggunakan model ADDIE yang terdiri atas tahap *analyze, design, development, implementation, dan evaluation*. Produk e-modul dikembangkan dengan memuat materi sifat koligatif larutan, video pembelajaran, animasi, latihan interaktif, kegiatan berbasis masalah serta evaluasi pembelajaran yang disusun sesuai sintak *problem based learning*. Integrasi pendekatan TPACK dilakukan melalui pemanfaatan teknologi digital dalam penyajian materi, strategi pembelajaran berbasis masalah, serta penguatan konsep kimia secara kontekstual.

Integrasi tersebut menjadi karakteristik utama produk yang dikembangkan dalam penelitian ini. Pendekatan TPACK tidak hanya digunakan sebagai landasan dalam pemilihan teknologi, tetapi diterapkan dengan menghubungkan teknologi digital dengan strategi *problem based learning* dan konten sifat koligatif larutan. Teknologi digital berupa video, animasi, dan latihan interaktif digunakan untuk mendukung penyajian dan pemahaman konsep, sedangkan sintaks *problem based learning* mengarahkan murid untuk terlibat dalam aktivitas pemecahan masalah. Dengan demikian, kontribusi produk tidak hanya berupa penyediaan bahan ajar digital, tetapi berupa rancangan pembelajaran yang mengintegrasikan aspek teknologi, pedagogi, dan konten dalam aktivitas berbasis masalah untuk mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis murid. E-modul yang dikembangkan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Cover e-modul

Validitas E-Modul

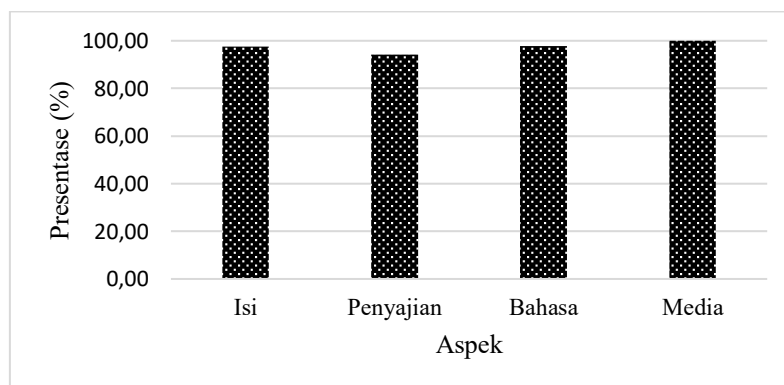
Validitas e-modul diperoleh berdasarkan hasil penilaian lima orang validator. Aspek yang dinilai meliputi kelayakan isi, kebahasaan, penyajian dan media. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul memperoleh persentase sebesar 97,41% dengan kategori sangat valid. Tingginya skor validitas pada seluruh aspek

menunjukkan bahwa integrasi komponen teknologi, pedagogi, dan konten dalam e-modul dapat diterima secara konsisten oleh validator. Skor tertinggi pada aspek media menunjukkan bahwa struktur dan fitur digital yang digunakan telah mendukung fungsi e-modul sebagai bahan ajar interaktif. Sementara itu, skor aspek isi dan penyajian yang juga berada pada kategori sangat valid menunjukkan bahwa penggunaan teknologi tidak menggeser ketepatan dan keteraturan penyajian konsep sifat koligatif larutan. Hal ini penting karena integrasi teknologi dalam bahan ajar tidak hanya ditentukan oleh keberadaan fitur digital, tetapi oleh kesesuaiannya dengan tujuan pembelajaran dan karakteristik materi. Adapun hasil validasi e-modul disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil validasi e-modul

Aspek Penilaian	Persentase (%)	Kategori
Isi	97,67	Sangat valid
Penyajian	94,29	Sangat valid
Bahasa	97,69	Sangat valid
Media	100,00	Sangat valid
Rata-rata	97,41	Sangat valid

Hasil validasi menunjukkan bahwa aspek kelayakan media memperoleh nilai tertinggi karena e-modul yang dikembangkan telah menarik dan mudah digunakan, serta materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran dan karakteristik murid. Penggunaan video pembelajaran, gambar, dan penyajian masalah kontekstual membantu murid memahami konsep sifat koligatif larutan secara lebih mudah. Menurut (Nurhamida & Andromeda, 2023; Santoso et al., 2021), penggunaan e-modul interaktif mampu meningkatkan kualitas pembelajaran karena murid memperoleh pengalaman belajar yang lebih menarik dan fleksibel. Selain itu, integrasi model *problem based learning* dalam e-modul membantu murid mengembangkan kemampuan analisis dan pemecahan masalah melalui kegiatan pembelajaran berbasis kasus (Maharani et al., 2023). Diagram dari hasil validasi tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram hasil analisis validitas e-modul

Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan dari segi isi, penyajian, kebahasaan, dan media.

Kepraktisan E-Modul

Kepraktisan e-modul diperoleh melalui angket respon guru dan murid setelah pelaksanaan pembelajaran menggunakan e-modul. Aspek yang dinilai meliputi kemudahan penggunaan, tampilan, keterbacaan, dan kebermanfaatan e-modul dalam pembelajaran kimia. Hasil analisis menunjukkan bahwa e-modul memperoleh persentase kepraktisan sebesar 91,76% dengan kategori sangat praktis. Hasil dari rekapitulasi uji kepraktisan disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil uji kepraktisan e-modul

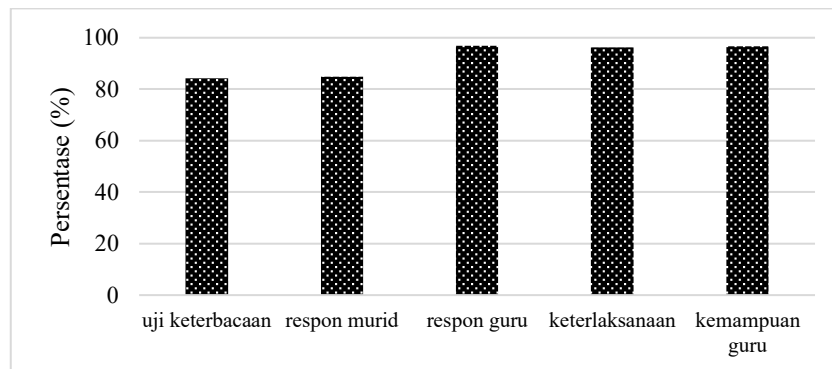
Komponen	Persentase	Keterangan
Keterbacaan E-Modul	84,21 %	Sangat Praktis
Respon Murid	84,82 %	Sangat Praktis
Respon Guru	96,88 %	Sangat Praktis
Keterlaksanaan Pembelajaran	96,25 %	Sangat Praktis
Kemampuan Guru Menggunakan E-Modul	96,65 %	Sangat Praktis
Rata-rata	91,76 %	Sangat Praktis

Murid memberikan respon positif terhadap penggunaan e-modul karena memiliki tampilan menarik, mudah diakses melalui smartphone, serta dilengkapi video dan latihan interaktif. Respons positif murid terhadap e-modul di atas menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan memiliki tingkat kepraktisan yang baik untuk digunakan dalam pembelajaran. Kepraktisan tersebut didukung oleh karakteristik desain e-modul yang memungkinkan murid mengakses materi secara lebih fleksibel melalui perangkat digital, serta tersedianya penyajian materi yang dilengkapi gambar, video, animasi, dan latihan interaktif. Fitur-fitur tersebut membantu murid memahami materi dan mengikuti aktivitas pembelajaran secara lebih mudah. Selain itu, penyusunan aktivitas pembelajaran berdasarkan sintaks *problem based learning* memberikan alur belajar yang sistematis, mulai dari pengenalan masalah hingga proses pemecahan masalah. Dengan demikian, respons positif murid tidak hanya menunjukkan penerimaan terhadap penggunaan e-modul, tetapi juga berkaitan dengan kemudahan akses, penyajian materi yang bervariasi, dan keteraturan aktivitas pembelajaran yang terdapat dalam e-modul.

Dari sisi guru, kepraktisan e-modul juga didukung oleh penyajian materi dan aktivitas pembelajaran yang telah disusun secara sistematis. Integrasi sintaks *problem based learning* dalam e-modul membantu guru dalam mengarahkan proses pembelajaran sesuai tahapan pembelajaran berbasis masalah. Selain itu, penggunaan media digital seperti gambar, video, animasi, dan latihan interaktif dapat membantu guru menyediakan variasi sumber belajar tanpa harus menyiapkan media secara terpisah. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik desain e-modul tidak hanya mendukung kemudahan belajar murid, tetapi juga membantu guru dalam mengelola aktivitas pembelajaran. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Fujiarti et al. (2024), yang menyatakan bahwa penggunaan e-modul digital mampu meningkatkan keterlibatan murid dalam pembelajaran serta memudahkan guru dalam menyampaikan materi.

Secara keseluruhan, kepraktisan e-modul dalam penelitian ini dapat dikaitkan dengan kesesuaian antara karakteristik bahan ajar dan kebutuhan pengguna. E-modul tidak hanya menyajikan materi dalam bentuk digital, tetapi menggabungkan konten sifat koligatif larutan, aktivitas berbasis masalah, dan berbagai fitur multimedia dalam satu bahan ajar. Integrasi tersebut membuat e-modul lebih mudah digunakan dalam proses pembelajaran karena murid memperoleh materi dan aktivitas

belajar dalam satu sumber, sementara guru memperoleh bahan ajar yang telah dilengkapi alur pembelajaran berbasis masalah. Dengan demikian, hasil kepraktisan menunjukkan bahwa desain e-modul yang dikembangkan memiliki karakteristik yang mendukung kemudahan penggunaan baik bagi murid maupun guru. Analisis kepraktisan ini lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram hasil analisis kepraktisan e-modul

Hasil di atas menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan berada pada kategori sangat praktis dengan rata-rata keseluruhan 91,76%. Hal ini menunjukkan bahwa kepraktisan e-modul tidak hanya tercermin dari tingginya persentase respons pengguna, tetapi juga dari kesesuaian karakteristik produk dengan aktivitas pembelajaran. Bagi murid, akses melalui perangkat digital, video, dan latihan interaktif memberikan dukungan dalam memahami materi dan mengikuti aktivitas pembelajaran. Bagi guru, integrasi sintaks *problem based learning* dalam e-modul membantu menyediakan alur aktivitas yang sistematis sehingga guru tidak hanya menggunakan e-modul sebagai sumber materi, tetapi juga sebagai pendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis masalah. Dengan demikian, kepraktisan yang diperoleh menunjukkan bahwa teknologi dalam e-modul memiliki fungsi pedagogis dan bukan sekadar menjadi tambahan visual. Hal ini didukung Rosalina (2025) yang menyatakan kepraktisan yang tinggi ini mencerminkan bahwa e-modul telah memenuhi kebutuhan pengguna, baik dari segi kemudahan penggunaan, kejelasan materi, maupun kesesuaian dengan alur pembelajaran berbasis *problem based learning*.

Efektivitas E-Modul Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis

Efektivitas e-modul dianalisis berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test* kemampuan berpikir kritis murid menggunakan analisis *N-Gain*. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata *N-Gain* murid sebesar 82,55% dengan kategori tinggi. Data tersebut menunjukkan bahwa penggunaan e-modul berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi TPACK efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid pada materi sifat koligatif larutan. Hasil *N-gain* kemampuan berpikir kritis pada tiap indikator disajikan pada tabel 6.

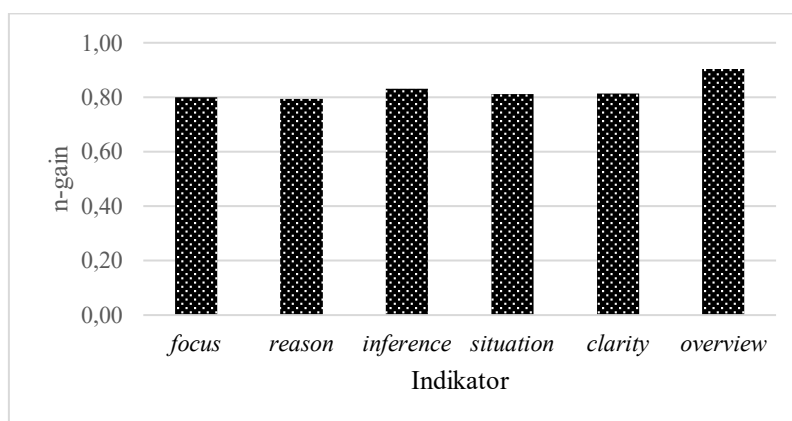
Tabel 6. Hasil N-Gain kemampuan berpikir kritis murid

Indikator	Pre	Post	N-Gain	Ket	N-Gain (%)	Tafsiran
Focus	26,47	85,30	0,80	Tinggi	80,01	Efektif
Reason	28,92	85,30	0,79	Tinggi	79,32	Efektif

Indikator	Pre	Post	N-Gain	Ket	N-Gain (%)	Tafsiran
<i>Inference</i>	30,15	88,24	0,83	Tinggi	83,16	Efektif
<i>Situation</i>	22,06	85,29	0,81	Tinggi	81,13	Efektif
<i>Clarity</i>	13,24	83,82	0,81	Tinggi	81,35	Efektif
<i>Overview</i>	8,82	91,18	0,90	Tinggi	90,33	Efektif

Peningkatan kemampuan berpikir kritis murid dapat dikaitkan dengan karakteristik aktivitas *problem based learning* yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menganalisis masalah, mengidentifikasi informasi, dan merumuskan solusi. Menurut Arends (2012), keterlibatan peserta didik dalam pemecahan masalah nyata dapat mendukung perkembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Temuan tersebut sejalan dengan Asmi et al. (2024) yang menunjukkan bahwa e-modul berbasis *problem based learning* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran kimia. Dalam penelitian ini, aktivitas tersebut tidak berdiri sendiri, tetapi ditempatkan dalam e-modul yang mengintegrasikan TPACK. Penggunaan teknologi digital sebagai bagian dari proses pembelajaran mendukung aktivitas belajar aktif dan pemanfaatan konten secara lebih kontekstual (Mairisiska et al., 2024; Rosalina, 2025).

Integrasi TPACK memperkuat proses tersebut melalui penggunaan teknologi digital yang tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian materi, tetapi sebagai bagian dari pengalaman belajar berbasis masalah. Video, animasi, dan latihan interaktif digunakan untuk membantu murid memperoleh informasi dan memahami representasi konsep, sedangkan masalah kontekstual dan aktivitas *problem based learning* mengarahkan informasi tersebut untuk digunakan dalam proses analisis dan pengambilan kesimpulan. Dengan demikian, efektivitas e-modul dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai hasil dari keterpaduan antara konten sifat koligatif larutan, strategi pedagogis berbasis masalah, dan dukungan teknologi digital. Hasil analisis n-gain berdasarkan indikator kemampuan berpikir kritis dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Distribusi n-gain pada setiap indikator berpikir kritis

Jika ditinjau berdasarkan indikator FRISCO (Focus, Reason, Inference, Situation, Clarity, dan Overview) yang dikemukakan oleh Ennis (2011), peningkatan tidak berlangsung dengan pola yang sama pada seluruh aspek kemampuan berpikir kritis. Indikator *overview* menunjukkan *N-Gain* tertinggi sebesar 90,33%, diikuti oleh *inference* sebesar 83,16%. Tingginya peningkatan pada kedua indikator tersebut dapat

dikaitkan dengan karakteristik aktivitas *problem based learning* dalam e-modul yang menuntut murid untuk mengolah informasi, menyusun alasan, menarik kesimpulan, dan meninjau kembali hasil pemecahan masalah. Aktivitas penyelesaian masalah kontekstual memberikan ruang bagi murid untuk menghubungkan data dan konsep yang dipelajari sebelum menentukan kesimpulan. Sebaliknya, indikator reason memperoleh *N-Gain* sebesar 79,32%, yang relatif lebih rendah dibandingkan *inference* dan *overview*. Temuan ini menunjukkan bahwa kemampuan memberikan alasan yang mendasari suatu keputusan mungkin memerlukan proses pembelajaran yang lebih intensif dibandingkan kemampuan menarik kesimpulan setelah informasi dan data tersedia.

Pola tersebut memberikan gambaran bahwa kontribusi e-modul tidak semata-mata terletak pada penyediaan materi digital, tetapi pada bagaimana fitur digital ditempatkan dalam aktivitas pembelajaran berbasis masalah. Masalah kontekstual berfungsi sebagai pemicu proses berpikir, sementara video, animasi, dan latihan interaktif menyediakan dukungan informasi yang membantu murid memahami konsep sebelum menggunakannya untuk menyelesaikan masalah. Dengan demikian, hasil per indikator FRISCO memberikan bukti bahwa integrasi TPACK dan PBL dalam e-modul berpotensi mendukung tahapan berpikir kritis yang berkaitan dengan analisis informasi dan penarikan kesimpulan.

Temuan penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan bahan ajar digital dengan menunjukkan bahwa integrasi TPACK dan *problem based learning* dapat dirancang dalam satu e-modul untuk menghubungkan fungsi teknologi dengan aktivitas berpikir kritis. Dalam penelitian sebelumnya, penggunaan e-modul berbasis PBL telah dilaporkan mendukung kemampuan berpikir kritis, sedangkan pendekatan TPACK digunakan untuk mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan konten dalam pembelajaran. Penelitian ini memperluas temuan tersebut dengan mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut dalam desain e-modul pada materi sifat koligatif larutan dan menunjukkan bagaimana karakteristik desain tersebut berkaitan dengan pola peningkatan indikator kemampuan berpikir kritis. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini tidak hanya berupa produk e-modul yang valid, praktis, dan efektif, tetapi juga berupa rancangan integrasi teknologi, pedagogi, dan konten yang ditempatkan dalam aktivitas pemecahan masalah untuk mendukung proses berpikir kritis.

Temuan tersebut konsisten dengan Asmi et al., (2024), yang menunjukkan bahwa e-modul berbasis *problem based learning* dapat mendukung kemampuan berpikir kritis murid dalam pembelajaran kimia. Hasil ini sejalan dengan penelitian Jayanti & Pertiwi (2023) yang menunjukkan bahwa penerapan model *problem based learning* dapat meningkatkan kemampuan analisis dan pemecahan masalah murid secara signifikan. Dalam konteks penelitian ini, temuan tersebut memperkuat bahwa integrasi aktivitas pemecahan masalah dengan dukungan teknologi digital dan penyajian konten yang kontekstual dapat menciptakan pengalaman belajar yang mendukung proses berpikir kritis.

Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil penelitian. Pertama, uji coba utama e-modul hanya melibatkan 17 murid kelas XII-KIM 1 MAN 1 Banjarmasin, sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan pada populasi murid yang lebih luas. Kedua, implementasi e-modul dilakukan pada satu kelas dan dalam lingkup satu sekolah, sehingga karakteristik lingkungan belajar dan murid dapat memengaruhi hasil yang diperoleh. Ketiga, e-modul yang dikembangkan berfokus pada materi sifat koligatif larutan, sehingga penerapan dan efektivitasnya pada materi kimia lainnya masih perlu dikaji lebih lanjut.

Meskipun memiliki keterbatasan, hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul berbasis *problem based learning* yang terintegrasi TPACK memiliki implikasi dalam pengembangan bahan ajar digital untuk pembelajaran kimia. E-modul dapat digunakan sebagai alternatif bahan ajar yang mengintegrasikan konten kimia, teknologi digital, dan aktivitas pembelajaran berbasis masalah untuk mendukung kemampuan berpikir kritis murid. Bagi guru, e-modul dapat menjadi salah satu alternatif sumber belajar yang membantu pelaksanaan pembelajaran berbasis masalah dengan memanfaatkan fitur digital yang tersedia. Bagi peneliti selanjutnya, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk mengembangkan e-modul pada materi kimia lainnya dan mengujinya pada jumlah subjek serta konteks sekolah yang lebih beragam.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, e-modul sifat koligatif larutan yang mengintegrasikan pendekatan Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK) dengan model *problem based learning* menghasilkan bahan ajar digital yang valid, praktis, dan efektif dalam mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis murid. Hasil validasi memperoleh persentase 97,41% dengan kategori sangat valid, kepraktisan sebesar 91,76% dengan kategori sangat praktis, dan efektivitas berdasarkan N-Gain sebesar 82,55% dengan kategori tinggi. Temuan pada indikator FRISCO menunjukkan bahwa peningkatan tertinggi terjadi pada aspek overview dan inference, yang berkaitan dengan aktivitas murid dalam mengolah informasi, memberikan alasan, dan menarik kesimpulan selama pemecahan masalah. Temuan ini menunjukkan bahwa kontribusi utama e-modul tidak hanya terletak pada penyediaan bahan ajar digital, tetapi pada integrasi teknologi, pedagogi, dan konten dalam aktivitas *problem based learning* yang mendukung proses berpikir kritis. Hasil ini perlu dipahami dalam konteks uji coba utama yang dilakukan pada 17 murid dalam satu kelas dan satu sekolah, sehingga pengujian pada konteks dan populasi yang lebih luas masih diperlukan.

DAFTAR RUJUKAN

- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach (9th ed.)*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Asmi, A., Silaban, S., & Silaban, R. (2024). Developing An Interactive Chemistry E-module Based on Problem-based Learning to Improve Critical Thinking Skills of High School Students. *Jurnal Paedagogy*, 11(1), 94. <https://doi.org/10.33394/jp.v11i1.9875>
- Bybee, R. W. (2015). *He BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- Ennis, R. H. (2011). *The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities [Conference presentation]*. Sixth International Conference on Thinking at MIT. Cambridge, MA: Faculty of Education, University of Illinois.
- Febrila, P. Z., Yerimadesi, Andromeda, & Alizar. (2024). Development of a salt hydrolysis module based on problem-based learning integrated with TPACK to improve the numeracy literacy skills of phase F senior high school students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7861–7872. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.8615>
- Fujiarti, A., Meilania, D. K., Angraeni, M., & Umah, R. N. (2024). Literatur review: Pengaruh penggunaan e-modul terhadap hasil belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 4(01), 83–89. <https://doi.org/10.57008/jjp.v4i01.694>

- Jayanti, M. A., & Pertiwi, K. R. (2023). Pengembangan e-modul berbasis PBL untuk meningkatkan kemampuan analisis dan rasa ingin tahu siswa. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 9(1), 112–127. <https://doi.org/10.22219/jinop.v9i1.23178>
- Kusumawati, I. T., Soebagyo, J., & Nuriadin, I. (2022). Studi Kepustakaan Kemampuan Berpikir Kritis Dengan Penerapan Model PBL Pada Pendekatan Teori Konstruktivisme. *JURNAL MathEdu (Mathematic Education Journal)*, 5(1), 13–18. <https://journal.ipts.ac.id/index.php/MathEdu/article/view/3415>
- Lastri, Y. (2023). Pengembangan dan pemanfaatan bahan ajar e-modul dalam proses pembelajaran. *Jurnal Citra Pendidikan*, 3(3), 1139–1146. <https://doi.org/10.38048/jcp.v3i3.1914>
- Maharani, F., Arjudin, A., Novitasari, D., & Subarinah, S. (2023). Pengembangan lembar kerja murid berbasis problem-based learning berorientasi kemampuan berpikir kritis siswa SMK. *Media Pendidikan Matematika*, 11(1), 19. <https://doi.org/10.33394/mpm.v11i1.8288>
- Mairisiska, T., Sutrisno, & Asrial. (2024). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis TPACK pada Materi Sifat Koligatif Larutan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(1), 28–37.
- Mardiah, M. Z., Mailizar, & Elizar. (2025). Understanding Indonesian Students' Mathematics Performance: A Secondary Analysis of PISA Data. *Jurnal Didaktik Matematika*, 12(1), 181–195. <https://doi.org/10.24815/jdm.v12i1.44700>
- Nisa, A., Wijaya, I., & Sefriani, R. (2023). Uji praktikalitas e-modul pembelajaran project based learning menggunakan Sigil pada mata pelajaran dasar-dasar kejuruan siswa kelas X pengembangan perangkat lunak dan GIM (PPLG) di SMK N 1 Singkarak. *PIJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 2(1), 12–20. <https://doi.org/10.58540/pijar.v2i1.427>
- Nurhamida, N., & Andromeda, A. (2023). Validitas dan Praktikalitas Modul Ajar Berbasis Project Based Learning pada Materi Perubahan Fisika dan Kimia Kelas X SMA/MA. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(2), 398–403. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i2.965>
- Pertiwi, N., Kamari, A., Saputro, S., & Yamtinah, S. (2024). Enhancing critical thinking skills through STEM problem-based contextual learning: An integrated e-module education website with virtual. *Journal of Baltic Science Education*, 23(4), 739–766. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.739>
- Pratiwi, K. I., & Guspatni, G. (2022). Praktikalitas dan efektivitas media pembelajaran PowerPoint-iSpring terintegrasi multipel representasi kimia dan pertanyaan prompting materi sifat koligatif larutan kelas XII MIPA SMA/MA. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 22(3), 1869. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v22i3.2721>
- Rachma, A. F., Iriani, T., & Handoyo, S. S. (2023). Penerapan model ADDIE dalam pengembangan media pembelajaran berbasis video simulasi mengajar keterampilan memberikan reinforcement. *Jurnal Pendidikan West Science*, 01(08), 506–516.
- Rafsanjani, T. A., & Rozaq, M. A. (2024). Educational problems in Indonesia. *Solo Universal Journal of Islamic Education and Multiculturalism*, 2(2), 135–144. <https://doi.org/10.61455/sujiem.v2i02.197>
- Rahimah, N., & Yerimadesi. (2025). The influence of applying the TPACK approach assisted by a hydrocarbon e-module on the critical thinking skills of grade XI

- students at SMA Negeri 3 Lubuk Basung. *MASALIQ: Jurnal Pendidikan Dan Sains*, 5(2), 573–582. <https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i2.4958>
- Rosalina, D. (2025). Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis strategi PBL terintegrasi TPACK dalam meningkatkan berpikir kritis siswa. *Jurnal Penelitian Dan Pendidikan Agama Islam*, 2(2), 127–133. <https://journal.staittd.ac.id/index.php/at/article/view/273>
- Santoso, H. B., Putra, P. O. H., & Febrian, F. F. H. S. (2021). Development & evaluation of e-learning module based on visual and global preferences using a user-centered design approach. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(15), 139–151. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i15.24163>
- Satria, D., Kusasih, I. H., & Gusmaneli, G. (2025). Analisis rendahnya kualitas pendidikan di Indonesia saat ini: Suatu kajian literatur. *Jurnal Bintang Pendidikan Indonesia*, 3(2), 292–309. <https://doi.org/10.55606/jubpi.v3i2.3838>
- Sucipta, I. W., Candiasa, I. M., & Sudirtha, I. G. (2023). Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah ditinjau dari gaya kognitif program studi penelitian dan evaluasi pendidikan. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan Indonesia*, 13(1), 168–178.
- Sugiyono. (2015). *Metode penelitian dan pengembangan*. Bandung: Alfabeta.
- Triwulandari, S., & Supardi, U. S. (2022). Analisis inteligensi dan berpikir kritis. *Utile: Jurnal Kependidikan*, 8(1), 50–61. <https://jurnal.ummi.ac.id/index.php/JUT>
- Waruwu, M. (2024). Metode penelitian dan pengembangan (R&D): Konsep, jenis, tahapan dan kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 1220–1230. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i2.2141>
- Yasinta, I. N., Hamsa, A., & Usman. (2022). The Ninth GRaders’ PISA-Based Reading Literacy Competence. *Curricula: Journal of Teaching and Learning*, 10(3), 12–29. <https://doi.org/10.22216/jcc.2022.v7i1.919>