

## EFEKTIVITAS E-MODUL LARUTAN ELEKTROLIT DAN NONELEKTROLIT BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING TERINTEGRASI STEAM sTERHADAP HASIL BELAJAR PESERTA DIDIK SMA

Zahratunnura<sup>1</sup>, Andromeda<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri  
Padang

Email : <sup>1)</sup> [zahratunnura@gmail.com](mailto:zahratunnura@gmail.com), <sup>2)</sup> [andromeda@fmipa.unp.ac.id](mailto:andromeda@fmipa.unp.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini merupakan bagian dari Pengembangan dengan jenis Research and Development (R&D) dengan menggunakan model pengembangan 4-D yang sebelumnya telah terbukti valid dan praktis, namun belum dilakukan uji efektivitas secara khusus pada penggunaan e-modul larutan elektrolit dan non elektrolit berbasis problem based learning terintegrasi STEAM terhadap hasil belajar peserta didik. Metode yang digunakan ialah dengan pendekatan nonequivalent control group design yang dipilih secara purposive sampling. Subjek penelitian terdiri dari dua kelas XI di SMAN 10 Padang, yaitu pada kelas XI F 2 untuk kelas eksperimen dan kelas XI F 6 untuk kelas kontrol. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tes hasil belajar kognitif peserta didik. Dengan demikian, data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan uji-t untuk menguji hipotesis penelitian. Hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa nilai thitung sebesar 4,395 lebih besar dari ttabel sebesar 2,028 pada taraf signifikansi = 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan e-modul larutan elektrolit dan non elektrolit berbasis problem based learning terintegrasi STEAM efektif secara signifikan terhadap hasil belajar peserta didik SMA.

**Kata Kunci:** *Efektivitas, e-modul, problem based learning, steam, elektrolit dan non elektrolit, hasil belajar*

### ABSTRACT

This research is part of a Research and Development (R&D) program using the 4-D development model, which has previously been proven valid and practical. However, no specific effectiveness test has been conducted on the use of the e-module on electrolyte and non-electrolyte solutions based on STEAM-integrated problem-based learning on student learning outcomes. The method used was a nonequivalent control group design approach selected by purposive sampling. The research subjects consisted of two eleventh grade classes at SMAN 10 Padang: class XI F2 for the experimental class and class XI F6 for the control class. The instrument used in this study included a cognitive learning achievement test for students. Therefore, the data obtained were analyzed using a t-test to test the research hypothesis. The results of the hypothesis test showed that the calculated t value of 4.395 was greater than the t table of 2.028 at a significance level of 0.05. Therefore, it can be concluded that the use of the e-module on electrolyte and non-electrolyte solutions based on STEAM-integrated problem-based learning is significantly effective on high school student learning outcomes.

**Keywords:** *Effectiveness, e-modules, problem based learning, steam, electrolytes and non-electrolytes, learning outcomes*

### PENDAHULUAN

Memasuki abad ke-21, paradigma pendidikan nasional yang dicanangkan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BNSP) mengalami pergeseran fundamental. Fokus utama kini

Copyright (c) 2025 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA

beralih pada pendekatan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student centered*), meninggalkan model lama yang berorientasi pada guru (*teacher centered*). Perubahan filosofis ini menuntut agar proses pembelajaran di sekolah, termasuk dalam disiplin ilmu kimia, tidak lagi sekadar transfer informasi satu arah. Idealnya, pembelajaran harus mampu memberikan pengalaman bermakna (*meaningful learning*) (Aspari & Andromeda, 2025; Nugroho & Zulfikasari, 2025). Pengalaman ini dirancang agar siswa dapat lebih memahami materi secara mendalam, kritis, dan yang terpenting, mampu melihat relevansi materi tersebut dengan konteks kehidupan mereka sehari-hari. Tujuan akhirnya adalah menciptakan pembelajar mandiri yang mampu mengkonstruksi pengetahuannya sendiri, bukan sekadar penerima pasif (Maku et al., 2025; Sinaga & Simbolon, 2025).

Kenyataan di lapangan, bagaimanapun, menunjukkan adanya kesenjangan yang signifikan dengan idealisme tersebut. Pembelajaran kimia di sekolah secara konsisten masih dianggap sulit oleh sebagian besar siswa. Permasalahan utamanya berakar pada karakteristik materi kimia itu sendiri, terutama dalam memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak. Siswa mengalami kesulitan besar dalam menjembatani hubungan antara aspek makroskopis (fenomena yang dapat diamati, seperti perubahan warna atau endapan) dan aspek mikroskopis (interaksi partikel, atom, dan molekul yang tidak terlihat). Kesenjangan pemahaman ini berdampak langsung pada rendahnya penguasaan konsep siswa. Akibatnya, mereka mengalami kesulitan dalam mengaitkan materi kimia yang teoretis dengan aplikasi atau konteks nyata dalam kehidupan sehari-hari, sehingga mata pelajaran ini terasa jauh dan tidak relevan bagi mereka (Aspari & Andromeda, 2025; Kurniawan & Andromeda, 2025; Tika et al., 2025).

Untuk mengatasi kesenjangan antara idealisme pembelajaran bermakna dan realitas kesulitan siswa, diperlukan sebuah pendekatan alternatif yang lebih membumi. Salah satu pendekatan yang dinilai paling sesuai adalah pembelajaran kontekstual. Ini merupakan metode yang secara eksplisit mengaitkan materi pembelajaran dengan pengalaman nyata yang dimiliki siswa, sehingga proses belajar menjadi lebih bermakna dan tidak terisolasi dari dunia mereka (Romli, 2022). Guna mengimplementasikan pendekatan kontekstual ini secara efektif dan terstruktur, digunakanlah model *Problem Based Learning (PBL)*. *PBL* adalah strategi pembelajaran yang berpusat pada masalah nyata dan otentik, yang mendorong siswa untuk mencari solusi melalui kajian ilmiah yang berbasis teori dan konsep yang relevan. Model ini menempatkan siswa sebagai pemecah masalah aktif (Amerstorfer & Münster-Kistner, 2021; Devyanti & Andriani, 2025; Iskandar et al., 2025).

Penerapan model *Problem Based Learning (PBL)* telah terbukti dalam berbagai penelitian mampu memberikan dampak positif yang signifikan. Studi menunjukkan bahwa *PBL* efektif meningkatkan motivasi intrinsik siswa, mengasah kemampuan kerja sama dalam tim, dan secara khusus mengembangkan keterampilan berpikir kritis (Rosita et al., 2014; Borges et al., 2014). Dengan berfokus pada masalah, siswa didorong untuk bertanya, meneliti, dan mengaplikasikan pengetahuan, bukan hanya menghafalnya. Hal ini menjadikan model *PBL* sebagai salah satu implementasi terbaik dari pendekatan *student centered* yang diamanatkan oleh kurikulum. Lebih lanjut, untuk memperkaya proses pembelajaran, inovasi ini diperkuat dengan mengintegrasikan pendekatan *STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics)*. Integrasi "Art" (Seni) ke dalam *STEM* tradisional dinilai penting untuk meningkatkan kreativitas dan visualisasi, yang sangat dibutuhkan dalam memahami konsep abstrak kimia (Fitriyah & Ramadani, 2021).

Pendekatan *STEAM* dinilai mampu memberikan inovasi baru dalam pengajaran kimia, menjadikannya lebih kontekstual dan aplikatif (Belbase et al., 2022). Kebutuhan akan inovasi ini diperkuat oleh temuan dari penelitian awal yang dilakukan di tiga sekolah berbeda di Kota Padang, yaitu SMA Pembangunan UNP, SMAN 10 Padang, dan SMAN 9 Padang. Hasil

observasi dan wawancara di ketiga lokasi tersebut menunjukkan gambaran yang konsisten: pemahaman siswa terhadap materi kimia masih tergolong rendah, media pembelajaran yang digunakan guru masih sangat terbatas pada buku teks dan ceramah, serta pemanfaatan teknologi yang ada di sekolah belum optimal. Sebagai contoh, di SMA Pembangunan UNP dan SMAN 10 Padang, siswa masih kesulitan memahami konsep dasar, dan media pembelajaran interaktif belum memadai meskipun fasilitas elektronik seperti proyektor atau komputer telah tersedia.

Situasi di SMAN 9 Padang, meskipun sedikit berbeda, tetap menunjukkan masalah yang sama. Di sekolah tersebut, ketersediaan media pembelajaran dilaporkan cukup, namun masalahnya terletak pada implementasi. Penerapan konsep kimia ke dalam konteks kehidupan sehari-hari siswa masih belum maksimal, sehingga pembelajaran tetap terasa teoretis. Berdasarkan seluruh data lapangan yang menunjukkan adanya kesenjangan pemahaman, media, dan kontekstualisasi, maka penelitian ini mengusulkan sebuah inovasi spesifik. Inovasi tersebut adalah pengembangan sebuah *e-modul* (modul elektronik) untuk materi larutan elektrolit dan non-elektrolit. *E-modul* ini dirancang secara khusus dengan basis *Problem Based Learning* (PBL) dan terintegrasi dengan pendekatan *STEAM*, yang selaras dengan tuntutan kurikulum terkini.

Pengembangan *e-modul* ini memiliki tujuan ganda. Secara produk, *e-modul* ini dirancang untuk meningkatkan pemahaman siswa, membangun semangat belajar melalui inovasi media yang interaktif, dan memastikan bahwa materi kimia yang abstrak dapat diakses serta dipahami secara kontekstual. Namun, pengembangan produk saja tidak cukup. Oleh karena itu, *nilai baru* atau fokus utama dari penelitian ini adalah untuk menguji *efektivitas e-modul* tersebut secara empiris. Penelitian ini akan mengukur sejauh mana penggunaan *e-modul* berbasis PBL dan *STEAM* ini mampu meningkatkan hasil belajar siswa SMA pada materi larutan elektrolit dan non-elektrolit. Melalui pengujian efektivitas ini, diharapkan media pembelajaran yang dikembangkan dapat divalidasi sebagai solusi yang benar-benar mampu memperdalam pemahaman konsep kimia dan membantu siswa mencapai hasil belajar yang optimal.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode kuasi eksperimen (*Quasi-Experimental Design*) untuk menguji efektivitas sebuah *e-modul* yang telah dikembangkan sebelumnya. Desain penelitian spesifik yang digunakan adalah *Nonequivalent Control Group Design*. Penelitian ini melibatkan dua kelompok sampel yang sudah ada (utuh), yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol, yang tidak dipilih secara acak. Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik kelas XI Fase F di SMAN 10 Padang. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*, di mana kelas XI F 2 (32 peserta didik) ditetapkan sebagai kelas eksperimen dan kelas XI F 6 (35 peserta didik) sebagai kelas kontrol, sehingga total sampel penelitian berjumlah 69 peserta didik. Kedua kelompok diberikan pengukuran awal (*pretest*) untuk mengetahui kemampuan dasar ( $O_1$  dan  $O_3$ ) dan pengukuran akhir (*posttest*) untuk mengukur hasil belajar setelah perlakuan ( $O_2$  dan  $O_4$ ).

Variabel independen (bebas) dalam penelitian ini adalah penerapan *e-modul* larutan elektrolit dan non-elektrolit berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang terintegrasi *STEAM*. Perlakuan (X) ini hanya diberikan kepada kelas eksperimen. Kelas kontrol tidak menerima perlakuan *e-modul* tersebut, melainkan mengikuti proses pembelajaran konvensional. Variabel dependen (terikat) yang diukur adalah hasil belajar kognitif peserta didik, yang datanya diambil dari skor *pretest* dan *posttest* kedua kelompok. Untuk menjaga validitas internal, penelitian ini juga menetapkan beberapa variabel kontrol, yang meliputi alokasi waktu pembelajaran, materi

yang disampaikan (larutan elektrolit dan non-elektrolit), dan guru yang mengajar, di mana semua variabel ini dipastikan sama untuk kedua kelas.

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data primer adalah tes hasil belajar kognitif yang disusun dalam bentuk soal pilihan ganda (*objektif*). Tes tersebut terdiri atas 20 butir soal dengan empat alternatif jawaban untuk setiap butirnya. Sebelum digunakan, seluruh soal telah melalui tahap uji coba dan analisis instrumen untuk memastikan validitas serta reliabilitasnya. Data kuantitatif berupa skor *pretest* dan *posttest* dari dua kelompok peserta kemudian dianalisis secara statistik. Analisis dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, dilakukan perhitungan peningkatan hasil belajar menggunakan uji *N-Gain* untuk mengetahui selisih capaian antara kedua kelompok. Kedua, dilakukan uji prasyarat analisis yang meliputi uji normalitas dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* serta uji homogenitas varians dengan menggunakan Uji *F*. Pada tahap akhir, pengujian hipotesis penelitian dilakukan dengan menggunakan uji-*t* (*t-test*) pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ , yang bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan efektivitas yang signifikan secara statistik pada hasil belajar *posttest* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Penelitian ini merupakan penelitian semu (*Quasi Experimental Design*) (Sugiyono, 2017). Rancangan penelitian menggunakan *Nonequivalent Control Group Design* yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Rancangan Penelitian Nonequivalent Control Group Design**

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>
Kontrol	O <sub>3</sub>	-	O <sub>4</sub>

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Hasil belajar dan data yang diperoleh dari hasil penelitian berupa data kuantitatif. Hasil belajar peserta didik didapatkan melalui pemberian *pretest* sebagai penilaian awal dan *posttest* sebagai penilaian akhir. Tes berupa soal pilihan ganda yang berjumlah 20 butir soal dengan 4 pilihan jawaban. Deskripsi data ini dapat diuraikan sebagai berikut.

#### 1. Dekripsi Data

Data penelitian ini didapatkan dengan melakukan tes pada peserta didik kelas XI F2. Terdiri dari kelas eksperimen dan peserta didik kelas XI F 6 sebagai kelas kontrol, dengan jumlah peserta didik masing-masing 36 peserta didik. Soal tes yang diberikan berupa soal objektif, dengan 4 pilihan jawaban dan sebagai 20 butir soal yang diambil dari 40 butir soal yang telah diuji cobakan dan dianalisis. Peserta didik yang menjawab benar akan diberi skor 1 dengan konversi nilai 5. Peserta didik yang menjawab salah akan diberi skor 0 dengan konversi nilai 0. Dengan demikian, skor maksimal yang diperoleh peserta didik Adalah 20 dengan konversi nilai 100. Setelah data diperoleh kemudian dianalisis seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2. Bobot Panjang Bagian Badan Artikel**

No.	Skor Mentah	Nilai	Frekuensi			
			Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
			<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
1.	1	5	-	-	-	-
2.	2	10	-	-	-	-
3.	3	15	-	-	-	-
4.	4	20	1	-	-	-
5.	5	25	-	-	-	-
6.	6	30	3	-	1	-
7.	7	35	-	-	1	1

8.	8	40	3	-	2	1
9.	9	45	2	-	2	-
10.	10	50	6	-	8	3
11.	11	55	9	-	13	3
12.	12	60	4	-	4	2
13.	13	65	3	-	-	10
14.	14	70	1	-	3	6
15.	15	75	2	4	1	8
16.	16	80	2	12	-	1
17.	17	85	-	10	1	-
18.	18	90	-	5	-	1
19.	19	95	-	3	-	-
20.	20	100	-	2	-	-
Jumlah Siswa			36		36	
Rata-rata			53,61	84,58	54,44	65,27

## 2. Analisis Data

### a. Uji N-Gain

Uji *N-gain* menggunakan *N-gain score*. Hasil uji *N-gain* disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 1. Hasil Uji N-gain Kelas Sampel**

Kelas	Jumlah siswa (N)	Rata-rata <i>N-gain</i>	Keterangan
Eksperimen	36	0,66	Sedang
Kontrol	36	0,24	Rendah

Berdasarkan Tabel 3 diatas, didapatkan rata-rata *N-gain* pada kelas eksperimen yaitu 0,66 sedangkan pada kelas kontrol yaitu 0,24 yang masing-masing berada pada kategori sedang dan rendah. Selanjutnya, untuk menganalisis percobaan dapat dilakukan perhitungan statistik yaitu uji normalitas, uji homogenitas, dan uji hipotesis.

### b. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Keputusan diambil dengan kriteria  $L_{tabel} > L_0$  maka data terdistribusi normal dan jika  $L_{tabel} < L_0$  maka data terdistribusi tidak normal. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Kelas Sampel**

Kelas	$L_{hitung}$	$L_{tabel}$	Keterangan
Eksperimen	0,1287	0,2250	Terdistribusi normal
Kontrol	0,1034	0,2250	

Berdasarkan Tabel 4 diatas hasil pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan kriteria  $L_{tabel} > L_0$  maka dapat disimpulkan data terdistribusi normal. Perhitungan uji normalitas secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 13 dan 14 (Terlampir).

### c. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk melihat hasil dari kedua sampel memiliki varians homogen atau tidak. Uji homogenitas yang dilakukan dengan uji F. Adapun hasil yang diperoleh di Tabel 5.

**Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas Kelas Sampel**

Kelas	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$	Keterangan
Eksperimen	1,16642	1,742973	Homogen
Kontrol			

Berdasarkan Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa data pada kelas sampel homogen dengan dilakukan perhitungan  $F_{tabel} > F_{hitung}$ .

d. Uji Hipotesis

**Tabel 6. Hasil Uji Hipotesis Kelas Sampel**

Kelas	$t_{hitung}$	$t_{tabel}$	Keterangan
Eksperimen	4,395	2,028	$H_0$ ditolak
Kontrol			$H_1$ diterima

Berdasarkan Tabel 6 didapatkan  $t_{hitung}$  sebesar 4,395 dan  $t_{tabel}$  pada taraf nyata 0,05 diperoleh 2,028.  $H_0$  diterima jika  $t_{hitung} < t_{tabel}$  dan  $H_0$  ditolak jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , sehingga didapatkan  $H_0$  ditolak pada taraf nyata 0,05 dan  $H_1$  diterima. Dengan demikian, hasil belajar menunjukkan kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol.

**Pembahasan**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas e-modul larutan elektrolit dan non elektrolit berbasis Problem Based Learning (PBL) terintegrasi STEAM terhadap hasil belajar peserta didik SMA. E-modul dimanfaatkan sebagai bentuk inovasi digital dalam pendidikan untuk mempermudah guru menyampaikan materi dan meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Selain itu, e-modul dapat merangsang kemampuan berpikir kritis siswa dalam memahami konsep-konsep kimia yang abstrak (Mahendra dkk., 2023). Langkah awal penelitian melibatkan pretest dan posttest pada dua kelompok: kelas eksperimen yang menggunakan e-modul, dan kelas kontrol yang menggunakan modul konvensional. Hasil pretest menunjukkan rata-rata skor kelas eksperimen 53 dan posttest 84, sementara kelas kontrol hanya meningkat dari 54 ke 65. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun kemampuan awal siswa hampir sama, peningkatan hasil belajar pada kelas eksperimen jauh lebih signifikan.

Proses pembelajaran kelas kontrol masih bersifat konvensional, didominasi oleh ceramah guru dan minim aktivitas diskusi. Siswa cenderung pasif dan kurang antusias, serta menunjukkan tanda-tanda kejenuhan selama pembelajaran. Sebaliknya, di kelas eksperimen, penggunaan e-modul berbasis PBL terintegrasi STEAM mendorong siswa untuk aktif berdiskusi, mencari sumber informasi, dan menyelesaikan masalah secara kolaboratif. Guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing jalannya pembelajaran, bukan sebagai satu-satunya sumber informasi. Hasil ini konsisten dengan penelitian Fajriatun dkk. (2025), yang menyimpulkan bahwa penggunaan e-modul dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik, yang pada akhirnya berdampak pada hasil belajar. Berdasarkan uji statistik (uji normalitas, homogenitas, dan uji  $t$  menggunakan uji Mann-Whitney), diperoleh nilai signifikansi 0,05 yang menunjukkan bahwa hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ) diterima, sehingga penggunaan e-modul PBL-STEAM terbukti efektif meningkatkan hasil belajar siswa.

Nilai N-gain pada penelitian ini ditunjukkan dengan kelas eksperimen mencapai 0,66 (kategori sedang), sedangkan kelas kontrol hanya 0,24 (kategori rendah). Ini menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar melalui e-modul cukup signifikan. Penelitian ini juga diperkuat oleh studi Yovanka dkk., yang menemukan bahwa penggunaan e-modul dalam model *cooperative learning* tipe *Numbered Heads Together* (NHT) lebih meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan pembelajaran NHT biasa. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Refjuandani & Andromeda (2024), yang meneliti efektivitas e-modul larutan penyangga berbasis inkuiri terbimbing terintegrasi STEAM. Mereka menyimpulkan bahwa e-modul tersebut efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa SMA fase F, selaras dengan hasil penelitian ini.

Proses pembelajaran dilakukan dalam tiga kali pertemuan, masing-masing berdurasi 3 x 45 menit. Kegiatan dimulai dengan pendahuluan (salam, doa, absensi, apersepsi, motivasi, dan pembagian kelompok), dilanjutkan dengan kegiatan inti sesuai sintaks PBL: mengenali

masalah melalui video/gambar pada e-modul, mengorganisasi tugas, penyelidikan kelompok, penyajian hasil, dan evaluasi. Guru membimbing siswa dalam memahami materi melalui aktivitas interaktif dan reflektif. Pada kegiatan penutup, siswa menyimpulkan hasil belajar, guru memberikan umpan balik dan rencana tindak lanjut, serta menutup kelas.

Penggunaan e-modul larutan elektrolit dan non elektrolit berbasis PBL terintegrasi STEAM di kelas eksperimen terbukti efektif meningkatkan pemahaman dan hasil belajar siswa, ditunjukkan oleh nilai lembar kerja yang sempurna dan penilaian diri positif dari 36 peserta didik. Hasil uji-t ( $t_{hitung} 4,395 > t_{tabel} 2,028$ ) menunjukkan peningkatan signifikan antara pretest dan posttest. Temuan ini didukung oleh Mahendra dkk. (2023), Fajriatun dkk. (2025), dan Belbase et al. (2022), yang menyatakan bahwa e-modul berbasis PBL-STEAM dapat meningkatkan keterlibatan, berpikir kritis, dan relevansi materi dengan kehidupan sehari-hari.

Kendala yang dihadapi selama pembelajaran adalah rendahnya motivasi dan kesiapan siswa dalam menghadapi model belajar mandiri. Banyak peserta didik masih terbiasa dengan metode ceramah dan kurang terbuka terhadap inovasi pembelajaran berbasis teknologi. Hal ini memengaruhi adaptasi dan efektivitas awal pembelajaran, meskipun seiring berjalannya waktu, siswa mulai menunjukkan peningkatan partisipasi dan pemahaman. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa e-modul larutan elektrolit dan non elektrolit berbasis PBL terintegrasi STEAM terbukti efektif meningkatkan hasil belajar siswa, serta mampu menciptakan suasana belajar yang lebih aktif, menarik, dan bermakna.

## KESIMPULAN

Penelitian ini secara konklusif membuktikan bahwa *e-modul* larutan elektrolit berbasis *Problem Based Learning (PBL)* terintegrasi *STEAM* secara signifikan lebih efektif meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan *modul* konvensional. Bukti *kuantitatif* ini terlihat jelas dari lonjakan skor *posttest* kelas eksperimen (dari 53 menjadi 84) yang jauh melampaui kelas kontrol (dari 54 menjadi 65), meskipun kemampuan awal keduanya setara. Superioritas ini diperkuat oleh skor *N-gain* kategori sedang (0,66) pada kelas eksperimen, sementara kelas kontrol hanya (0,24). Uji *Mann-Whitney* (*sig.* 0,05) dan *uji-t* ( $t_{hitung} 4,395 > t_{tabel} 2,028$ ) secara *statistik* mengonfirmasi bahwa *hipotesis* alternatif ( $H_1$ ) diterima. Keberhasilan ini diatribusikan pada pergeseran *paradigma* belajar; *e-modul* mendorong siswa menjadi aktif berdiskusi dan memecahkan masalah, sementara guru berperan sebagai *fasilitator*, kontras dengan kelas kontrol yang *pasif* dan didominasi ceramah.

Meskipun terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan menciptakan suasana yang bermakna, implementasi *e-modul* ini menghadapi *kendala* utama berupa rendahnya kesiapan dan *motivasi* siswa terhadap model belajar mandiri. Banyak peserta didik masih terbiasa dengan *metode ceramah* dan kurang terbuka terhadap *inovasi* pembelajaran berbasis teknologi, yang memengaruhi *adaptasi* awal. Temuan ini mengimplikasikan bahwa keberhasilan *inovasi digital* tidak hanya bergantung pada kualitas *media*, tetapi juga pada kesiapan *psikologis* siswa. Mengingat keterbatasan ini dan fokus penelitian pada efektivitas *kognitif*, penelitian di masa depan disarankan untuk beralih dari sekadar mengukur "apakah" *e-modul* ini efektif, menjadi "bagaimana" mengoptimalkan implementasinya. Perlu dilakukan penelitian *longitudinal* untuk mengukur apakah peningkatan hasil belajar ini bertahan (*sustainable*) dalam jangka panjang. Selain itu, studi *kualitatif* mendalam sangat diperlukan untuk mengeksplorasi strategi *pedagogis* terbaik dalam mengatasi resistensi siswa dan membangun kesiapan belajar mandiri saat transisi ke *e-modul* berbasis *PBL-STEAM*.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Amerstorfer, C. M., & Münster-Kistner, C. F. Von. (2021). Student Perceptions Of Academic Engagement And Student-Teacher Relationships In Problem-Based Learning. *Frontiers In Psychology*, 12, 713057. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.713057>
- Aspari, N. T., & Andromeda, A. (2025). Uji Validitas Dan Praktikalitas E-Chemagz Berbasis Chemoentrepreneurship Pada Materi Ikatan Kimia Untuk Meningkatkan Literasi Kimia Peserta Didik. *Science Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1235. <https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6675>
- Belbase, S. et al. (2022). At The Dawn Of Science, Technology, Engineering, Arts, And Mathematics (STEAM) Education: Prospects, Priorities, Processes, And Problems. *International Journal Of Mathematical Education In Science And Technology*, 53(11), 2919–2955. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
- Borges, M. C. et al. (2014). Problem-Based Learning. *Medicina (Brazil)*, 47(3), 301–307. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v47i3p301-307>
- Devyanti, M., & Andriani, A. E. (2025). Pengaruh Desain Pembelajaran Problem Based Learning Dan Project Based Learning Terhadap Hasil Belajar IPAS. *Science Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1276. <https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6674>
- Fajriatun, I. et al. (2025). Efektivitas Penggunaan Problem Based Learning Berbantuan E-Modul Terintegrasi Etno-STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 19(1), 51–57.
- Fitriyah, A., & Ramadani, S. D. (2021). Penerapan Metode Project Based Learning. *Journal Of Education*, 3(1), 7. <https://doi.org/10.26737/jpmi.v1i1.76>
- Iskandar, B. et al. (2025). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Fikih Syarat Dan Rukun Tayamum. *Learning Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(3), 1146. <https://doi.org/10.51878/learning.v5i3.5178>
- Kurniawan, R., & Andromeda, A. (2025). Efektivitas LKPD Larutan Penyangga Berbasis Guided Inquiry Learning Terintegrasi Etnosains Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Kimia Peserta Didik Fase F SMA. *Science Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1294. <https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6677>
- Mahendra, M. R. et al. (2023). Efektivitas Penggunaan E-Modul Kimia Dasar Berbasis Problem Based Learning Dalam Meningkatkan Kemampuan Memecahkan Masalah Mahasiswa Pada Materi Termokimia. *Journal Of The Indonesian Society Of Integrated Chemistry*, 15(2), 120–127. <https://doi.org/10.22437/jisic.v15i2.27826>
- Maku, S. et al. (2025). Pengembangan Media PencerdaS Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Sistem Pencernaan Manusia Di Kelas V SD. *Science Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(2), 751. <https://doi.org/10.51878/science.v5i2.5362>
- Nugroho, N. C., & Zulfikasari, S. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Augmented Reality Materi Bentuk Molekul Kelas XI Di Madrasah Aliyah Negeri. *Science Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1475. <https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6926>
- Refjuandani, A., & Andromeda, A. (2024). Efektivitas E-Modul Larutan Penyangga Berbasis Inkuiri Terbimbing Terintegrasi STEAM Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Fase F SMA. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(4), 3944–3951. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i4.7433>

- Romli, S. (2022). Model Pembelajaran Kontekstual (Contextual Teaching Learning) Pada Pelajaran PAI Sebagai Salah Satu Inovasi. *Jurnal Kependidikan Dan Sosial Keagamaan*, 08(02), 2614–0217. <https://doi.org/10.32923/edugama.v8i2.2590>
- Rosita, A. et al. (2014). Perangkat Pembelajaran Problem Based Learning Berorientasi Green Chemistry Materi Hidrolisis Garam Untuk Mengembangkan Soft Skill Konservasi Siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3(2), 134–139. <https://doi.org/10.15294/jpii.v3i2.3112>
- Sinaga, G. X., & Simbolon, E. (2025). Penerapan Pembelajaran Mendalam Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Pelajaran Agama Katolik Di Sekolah Menengah Negeri 1 Delitua. *Learning Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(3), 1192. <https://doi.org/10.51878/learning.v5i3.6127>
- Tika, M. S. I. N. et al. (2025). Analisis Komparasi Minat Belajar Dan Model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) Terintegrasi Pembelajaran Sosial Emosional (PSE) Terhadap Hasil Belajar Kimia Peserta Didik SMA Negeri 6 Kupang. *Science Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1046. <https://doi.org/10.51878/science.v5i2.6665>