

PENGEMBANGAN E-MODUL LARUTAN PENYANGGA BERBASIS REPRESENTASI TETRAHEDRAL DENGAN PENDEKATAN PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN KONSEP PESERTA DIDIK

Development of E-Modules for Buffer Solution Based on Tetrahedral Representation with a Problem-Based Learning Approach to Improve Students' Concept Understanding

Dhea Suntia*, Parham Saadi, Almubarak, Syahmani

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Banjarmasin 70123, Kalimantan Selatan, Indonesia

*email: dheasuntia16@gmail.com

Informasi Artikel	Abstrak
Kata kunci: E-modul, pemahaman konsep, problem based learning, representasi tetrahedral.	Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan ajar berupa e-modul larutan penyangga berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan <i>Problem Based Learning</i> (PBL) yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Jenis penelitian yang digunakan adalah <i>Research and Development</i> (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap <i>analyze</i> , <i>design</i> , <i>development</i> , <i>implementation</i> , dan <i>evaluation</i> . Subjek penelitian adalah peserta didik kelas XI-2 SMA Negeri 1 Alalak. Instrumen pengumpulan data meliputi lembar validasi, angket penilaian, lembar observasi, serta tes pemahaman konsep. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk mengukur validitas, kepraktisan, dan keefektifan produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki tingkat validitas sangat tinggi dengan persentase 96,10%, kepraktisan sangat baik dengan rata-rata 87%, dan efektif meningkatkan pemahaman konsep peserta didik dengan skor N-gain sebesar 0,90 (kategori tinggi). Berdasarkan hasil tersebut, e-modul larutan penyangga berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan PBL dinyatakan valid, praktis, dan efektif sehingga layak digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.
Keywords: <i>E-module, concept understanding, problem based learning, tetrahedral representation</i>	Abstract. This study aims to develop teaching materials in the form of e-modules on buffer solutions based on tetrahedral representation using a problem-based learning approach that are valid, practical, and effective in improving students' conceptual understanding. The research method employed was Research and Development (R&D) with the ADDIE development model, which consists of five stages: <i>Analyze</i> , <i>Design</i> , <i>Development</i> , <i>Implementation</i> , and <i>Evaluation</i> . The research subjects were students of class XI-2 at SMA Negeri 1 Alalak. Data collection used both test and non-test instruments in the form of validation sheets, assessment questionnaires, observation sheets, and conceptual understanding tests. Data analysis was carried out using descriptive quantitative techniques to describe the validity, practicality, and effectiveness of the e-module.

Copyright © JCAE- Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa

How to cite: Suntia, D., Saadi, P., Almubarak, & Syahmani. (2025). PENGEMBANGAN E-MODUL LARUTAN PENYANGGA BERBASIS REPRESENTASI TETRAHEDRAL DENGAN PENDEKATAN PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN KONSEP PESERTA DIDIK. JCAE (Journal of Chemistry And Education), 9(2), 69-79.

The results showed that the developed e-module was highly valid with a validity percentage of 96.10%, highly practical with an average practicality percentage of 87% based on seven practicality components, and effective in improving students' conceptual understanding with an N-gain score of 0.90 in the high category. These findings indicate that the e-module on buffer solutions based on tetrahedral representation using a problem-based learning approach is valid, practical, and effective, making it suitable for use as a teaching material to enhance students' conceptual understanding.

PENDAHULUAN

Hasil survei PISA 2022 menunjukkan Indonesia berada pada peringkat 66 dari 81 negara dengan skor rata-rata 366, masih jauh di bawah rata-rata OECD yaitu 472. Data ini mengindikasikan bahwa kemampuan pemahaman konsep peserta didik di Indonesia masih rendah, khususnya dalam menghubungkan konsep dengan penerapannya pada berbagai situasi (OECD, 2023). Pemahaman konsep merupakan kemampuan dasar untuk menginterpretasikan dan menjelaskan kembali konsep yang telah dipelajari dalam bahasa yang lebih sederhana (Suendarti & Liberna, 2021).

Pembelajaran kimia sebagai bagian dari sains mempelajari materi, sifat, perubahan, serta energi yang menyertainya. Karakteristik pembelajaran kimia menuntut penguasaan konsep abstrak maupun konkret (Hatimah & Khery, 2023). Menurut Johnstone (1993), pemahaman konsep kimia idealnya mengintegrasikan tiga level representasi, yaitu makroskopik, mikroskopik, dan simbolik. Selanjutnya, Mahaffy (2004) memperluas model representasi tersebut menjadi empat dimensi dengan menambahkan elemen manusia (*human element*), yang dikenal dengan representasi tetrahedral. Keempat dimensi ini membantu peserta didik memahami konsep kimia secara utuh, menghubungkan pengetahuan dengan konteks nyata, serta memfasilitasi penyelesaian masalah kompleks (Novita & Aini, 2022).

Salah satu materi kimia yang menuntut pemahaman multi-representasi adalah larutan penyangga. Materi ini diajarkan di kelas XI SMA/MA semester genap dan berkaitan erat dengan konsep asam-basa, pH, persamaan reaksi, kesetimbangan, dan stoikiometri. Kesalahan pemahaman pada materi ini dapat berdampak pada pembentukan konsep kimia selanjutnya (Dewi & Aini, 2021). Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang optimal dengan dukungan bahan ajar atau media seperti modul (Fahmi & Fikroh, 2022). Seiring perkembangan teknologi, modul dapat didesain dalam bentuk elektronik (*e-modul*) yang lebih interaktif dan mudah diakses (Saprudin *et al.*, 2021). Penggunaan e-modul diharapkan mampu menarik minat belajar dan membantu peserta didik membangun hubungan antara pengetahuan awal dengan materi baru (Widiastuti, 2021).

Pengembangan e-modul dengan pendekatan representasi tetrahedral dapat dipadukan dengan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). PBL dimulai dengan pemberian masalah kontekstual yang relevan dengan kehidupan nyata, kemudian mendorong peserta didik bekerja secara aktif dalam kelompok, merumuskan masalah, mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan, serta mencari solusi melalui pembelajaran mandiri (Ramadani & Nana, 2020). Model ini memungkinkan siswa menemukan konsep secara mandiri tanpa bergantung sepenuhnya pada guru (Kurniawan *et al.*, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul larutan penyangga berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan *Problem Based Learning* serta menguji kelayakan dan efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas lima tahap: *Analyze* (analisis), *Design* (desain), *Development* (pengembangan), *Implementation* (implementasi), dan *Evaluation* (evaluasi) (Prawiradilaga, 2019).

Tahap analisis dilakukan melalui wawancara dengan guru kimia untuk memperoleh data terkait tingkat pemahaman konsep peserta didik, yang selanjutnya dijadikan dasar dalam pengembangan produk e-modul. Tahap desain mencakup perencanaan pengembangan bahan ajar, yaitu penyusunan isi e-modul larutan penyangga berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan *Problem Based Learning* (PBL) serta perancangan tampilan e-modul. Pada tahap pengembangan, produk e-modul divalidasi oleh ahli materi dan ahli media, kemudian direvisi berdasarkan saran dari validator. Selanjutnya, tahap implementasi dilakukan melalui uji coba terbatas pada kelas XI-2 SMA Negeri 1 Alalak dengan jumlah 35 peserta didik. Angket respon digunakan untuk menilai tanggapan peserta didik sekaligus mengidentifikasi kekurangan produk. Tahap evaluasi dilakukan berdasarkan hasil validasi, angket, observasi, serta tes pemahaman konsep sebelum dan sesudah penggunaan e-modul.

Instrumen pengumpulan data terdiri atas lembar validasi, angket keterbacaan, angket respon peserta didik dan guru, lembar observasi, serta tes pemahaman konsep. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif, meliputi: (1) validitas, yang diperoleh dari penilaian ahli materi dan media; (2) kepraktisan, yang diukur melalui angket keterbacaan, respon peserta didik dan guru, serta observasi keterlaksanaan pembelajaran; dan (3) keefektifan, yang diuji melalui hasil *pre-test* dan *post-test* menggunakan 10 butir soal pilihan ganda pada materi larutan penyangga.

Indikator pemahaman konsep yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada Kilpatrick & Findell (2001), meliputi: kemampuan menyatakan ulang konsep yang telah dipelajari, mengklarifikasi objek berdasarkan syarat pembentuk konsep, memberikan contoh konsep, menerapkan konsep secara algoritmik, menyajikan konsep dalam bentuk representasi matematis, mengaitkan berbagai konsep, serta mengembangkan syarat perlu dan syarat cukup suatu konsep.

Tabel 1. Indikator instrumen tes pemahaman konsep

Indikator Pemahaman Konsep
Kemampuan menyatakan ulang konsep yang telah dipelajari.
Kemampuan mengklarifikasi objek-objek berdasarkan dipenuhi atau tidaknya persyaratan yang membentuk konsep tersebut.
Kemampuan memberikan contoh dari konsep yang dipelajari.
Kemampuan menerapkan konsep secara algoritmik.
Kemampuan menyajikan konsep dalam bentuk representasi matematis.
Kemampuan mengaitkan berbagai konsep.
Kemampuan mengembangkan syarat perlu dan syarat cukup suatu konsep

N-gain digunakan untuk melihat peningkatan pemahaman konsep peserta didik dari hasil *pre-test* ke *post-test*. Perhitungan N-gain dilakukan dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Hake (1998) sebagai berikut:

$$< g > = \frac{S_f - S_i}{I_s - S_i}$$

Keterangan:

$\langle g \rangle$: Gain ternormalisasi, S_i : Skor *pre-test*, S_f : Skor *post-test*, I_s : Skor maksimum ideal

Nilai rata-rata N-gain selanjutnya disesuaikan dengan kategori pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori skor N-Gain

Skor N-gain	Kategori
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > g \geq 0,3$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tahap *Analyze*

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia SMA Negeri 1 Alalak, pelaksanaan pembelajaran kimia masih belum mampu memberikan pengalaman belajar yang bermakna. Peserta didik masih menganggap pelajaran kimia sebagai mata pelajaran yang sulit dipahami sehingga mereka menjadi kurang aktif dalam proses pembelajaran. Penggunaan bahan ajar kimia yang masih terbatas pada buku rujukan dan internet juga belum cukup optimal untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik yang masih rendah.

Oleh karena itu, perlu dikembangkan bahan ajar yang dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik, yaitu berupa e-modul larutan penyangga berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan *Problem Based Learning*.

Tahap *Design*

Tahap desain dimulai dari pengumpulan bahan dan materi, penyusunan isi e-modul, serta pembuatan e-modul. Adapun isi e-modul yang dikembangkan terdiri atas: halaman sampul depan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar video, infografis (representasi tetrahedral dan *Problem Based Learning*), petunjuk penggunaan e-modul, dan peta konsep.

Bagian isi memuat sampul kegiatan pembelajaran, tujuan pembelajaran, “Tahukah Kamu?” (elemen manusia), materi pembelajaran (simbolis), video pembelajaran (mikroskopis), fakta kimia (makroskopis), contoh soal, rangkuman, kegiatan diskusi, latihan soal, dan uji kompetensi. Bagian akhir berisi glosarium, daftar pustaka, dan identitas penulis.

E-modul yang dikembangkan memiliki dua komponen penting, yaitu: (1) memuat empat elemen representasi tetrahedral; dan (2) menggunakan sintaks model pembelajaran *Problem Based Learning*. Sintaks PBL meliputi orientasi masalah, mengorganisasi peserta didik untuk belajar, membimbing penyelidikan, mengembangkan dan menyajikan hasil, serta menganalisis dan mengevaluasi. Isi e-modul yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.

PENGEMBANGAN E-MODUL LARUTAN PENYANGGA



Gambar 1. Isi e-modul

Tahap Development

E-modul yang telah dikembangkan pada tahap ini divalidasi oleh validator untuk menguji tingkat kevalidan sebelum dilanjutkan ke tahap berikutnya. Penilaian dan saran yang diberikan oleh validator digunakan sebagai dasar untuk merevisi e-modul sebelum dilakukan uji coba. Hasil uji validitas e-modul yang dikembangkan disajikan pada Tabel 3.

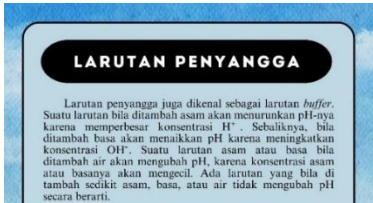
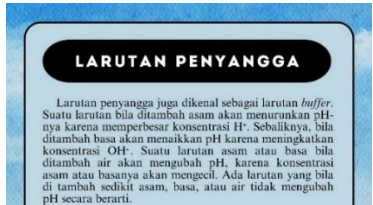
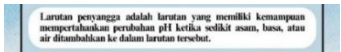
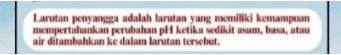
Tabel 3. Hasil uji validitas e-modul

Aspek	Validator					Rata-Rata
	I	II	III	IV	V	
Isi	100%	87%	96%	96%	100%	95,8%
Penyajian	100%	90%	97%	100%	92%	95,8%
Kebahasaan	100%	88%	98%	100%	100%	97,2%
Media	100%	90%	90%	100%	98%	95,6%
Rata-rata keseluruhan						96,10%
Kategori						Sangat Valid

Hasil uji validasi pada tabel 3 menunjukkan bahwa e-modul berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan *problem based learning* termasuk dalam kategori sangat valid dengan persentase sebesar 96,10%.

Pada aspek kelayakan media terdapat saran dan masukan untuk perbaikan dari validator yaitu penggunaan huruf terlalu kecil dan mengganti warna berbeda untuk *font* pada istilah/frasa yang dianggap penting. Tampilan e-modul sebelum dan sesudah dilakukan revisi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil revisi aspek kelayakan media

Saran	Hasil Revisi
	Sebelum revisi: 
Mengubah huruf pada isi menjadi lebih besar	Setelah revisi: 
Mengganti warna berbeda untuk font pada istilah/frasa yang dianggap penting	Sebelum revisi:  Setelah revisi: 

Tahap Implementation

E-modul yang telah dinyatakan valid oleh validator kemudian diimplementasikan untuk mengetahui tingkat kepraktisan penggunaannya. Uji kepraktisan dilakukan dengan menggunakan angket keterbacaan e-modul, angket respon peserta didik, angket respon guru, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, serta lembar observasi kemampuan guru dalam menggunakan e-modul.

1) Uji keterbacaan e-modul pada uji coba perorangan

Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keterbacaan e-modul yang dikembangkan. Uji coba perorangan melibatkan lima peserta didik kelas XI-1 SMA Negeri 1 Alalak secara individu untuk menilai serta memberikan saran dan komentar terhadap e-modul. Hasil penilaian keterbacaan pada uji coba perorangan menunjukkan kategori sangat praktis, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji coba perorangan

Aspek	Penilaian (%)	Kategori
Format	92%	Sangat Praktis
Materi	91%	Sangat Praktis
Bahasa	87%	Sangat Praktis
Rata-Rata	90%	Sangat Praktis

2) Uji keterbacaan e-modul pada uji coba kelompok kecil

Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keterbacaan e-modul yang telah melalui tahap revisi dan uji coba perorangan. Uji coba kelompok kecil dilaksanakan

pada 14 peserta didik kelas XI-1 SMA Negeri 1 Alalak untuk menilai serta memberikan saran dan komentar terhadap e-modul, yang kemudian dijadikan bahan revisi pada tahap berikutnya. Hasil penilaian keterbacaan pada uji coba kelompok kecil menunjukkan kategori sangat praktis, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji coba kelompok kecil

Aspek	Penilaian (%)	Kategori
Format	86%	Sangat Praktis
Materi	81%	Sangat Praktis
Bahasa	82%	Sangat Praktis
Rata-Rata	83%	Sangat Praktis

3) Uji keterbacaan e-modul pada uji coba terbatas

Uji ini dilakukan setelah melalui uji coba perorangan dan kelompok kecil. Uji coba terbatas dilaksanakan pada 35 peserta didik kelas XI-2 SMA Negeri 1 Alalak untuk menilai serta memberikan saran dan komentar terhadap e-modul. Hasil penilaian keterbacaan pada uji coba terbatas menunjukkan kategori sangat praktis, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji coba terbatas

Aspek	Penilaian (%)	Kategori
Format	85%	Sangat Praktis
Materi	82%	Sangat Praktis
Bahasa	84%	Sangat Praktis
Rata-Rata	84%	Sangat Praktis

4) Uji respon peserta didik

Angket respon peserta didik diberikan kepada 35 peserta didik setelah pelaksanaan *post-test* dan pembelajaran pada uji coba skala besar di kelas XI-2 SMA Negeri 1 Alalak. Hasil uji respon peserta didik terhadap e-modul menunjukkan kategori sangat praktis, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji respon peserta didik

Aspek	Penilaian (%)	Kategori
Ketertarikan	82%	Sangat Praktis
Materi	81%	Sangat Praktis
Bahasa	84%	Sangat Praktis
Rata-Rata	82%	Sangat Praktis

5) Uji respon guru

Selain mengukur respon peserta didik terhadap e-modul yang dikembangkan, peneliti juga mengukur respon guru melalui angket respon guru. Hasil penilaian respon guru terhadap e-modul menunjukkan kategori sangat praktis, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil uji respon guru

Aspek	Penilaian (%)	Kategori
Ketertarikan	100%	Sangat Praktis
Materi	88%	Sangat Praktis
Bahasa	88%	Sangat Praktis
Rata-Rata	92%	Sangat Praktis

6) Uji observasi kemampuan guru menggunakan e-modul

Pada uji ini, kemampuan guru dalam menggunakan e-modul diukur dengan lembar observasi yang dinilai oleh tiga observer. Hasil penilaian kemampuan guru menunjukkan kategori sangat praktis, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji kemampuan guru menggunakan e-modul

Observer	Pertemuan Ke-			Rata-Rata
	1	2	3	
I	84%	84%	94%	87%
II	96%	96%	96%	96%
III	74%	84%	96%	85%
Rata-rata Keseluruhan				89%
Kategori				Sangat Praktis

7) Uji observasi keterlaksanaan pembelajaran

Uji keterlaksanaan pembelajaran digunakan untuk mengukur kemampuan guru dalam mengelola kelas, melaksanakan sintaks pembelajaran, dan menguasai pembelajaran. Pada uji ini, keterlaksanaan pembelajaran diukur menggunakan lembar observasi yang dinilai oleh tiga observer. Hasil penilaian keterlaksanaan pembelajaran menunjukkan kategori sangat praktis, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil uji keterlaksanaan pembelajaran

Observer	Pertemuan Ke-			Rata-Rata
	1	2	3	
I	78%	80%	96%	85%
II	98%	98%	96%	97%
III	64%	76%	98%	79%
Rata-rata Keseluruhan				87%
Kategori				Sangat Praktis

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil angket keterbacaan pada uji perorangan, kelompok kecil, dan terbatas, angket respon peserta didik, angket respon guru, lembar observasi kemampuan guru dalam menggunakan e-modul, serta lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, seluruh hasil tersebut digabungkan dalam rekapitulasi kepraktisan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi uji kepraktisan

No	Komponen	Nilai (%)	Kategori
1	Keterbacaan perorangan	90%	Sangat Praktis
2	Keterbacaan kelompok kecil	83%	Sangat Praktis
3	Keterbacaan terbatas	84%	Sangat Praktis
4	Respon peserta didik	82%	Sangat Praktis
5	Respon guru	92%	Sangat Praktis
6	Kemampuan guru menggunakan e-modul	89%	Sangat Praktis
7	Keterlaksanaan pembelajaran	87%	Sangat Praktis
	Rata-rata	87%	Sangat Praktis

Data pada Tabel 12 menunjukkan bahwa seluruh komponen penilaian kepraktisan dengan rata-rata sebesar 87% berada pada kategori sangat praktis. Dengan kata lain, e-modul larutan penyangga berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan *Problem Based Learning* yang dikembangkan telah memenuhi aspek kepraktisan.

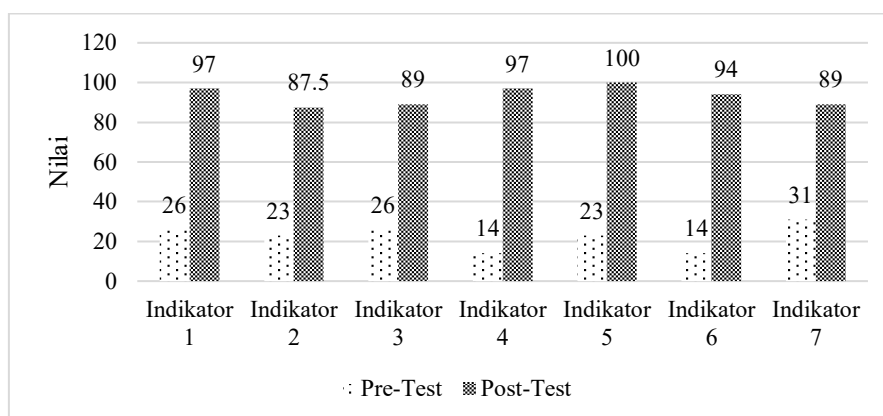
Tahap *Evaluation*

Keefektifan e-modul berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan *Problem Based Learning* diuji melalui uji coba skala besar di kelas XI-2 SMA Negeri 1 Alalak dengan menggunakan instrumen tes pemahaman konsep peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran. Hasil penilaian *pre-test* dan *post-test* pemahaman konsep peserta didik disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Nilai *pre-test* dan *post-test* pemahaman konsep

Capaian	Nilai	Kategori
Rata-Rata <i>Pre-Test</i>	24	Rendah
Rata-Rata <i>Post-Test</i>	96	Tinggi
<i>N-Gain</i>	0,90	Tinggi

Berdasarkan data pada Tabel 13, diketahui bahwa rata-rata hasil tes pemahaman konsep pada tahap *pre-test* sebesar 24 dengan kategori rendah, sedangkan pada tahap *post-test* sebesar 93 dengan kategori tinggi. Rata-rata nilai *N-gain* yang diperoleh adalah 0,90 dengan kategori tinggi. Perbandingan rata-rata nilai pemahaman konsep peserta didik pada *pre-test* dan *post-test* untuk setiap indikator dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rata-rata nilai pemahaman konsep peserta didik saat *pre-test* dan *post-test* pada tiap indikator

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa nilai untuk setiap indikator jauh lebih baik pada tahap *post-test*. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep peserta didik setelah penggunaan e-modul larutan penyangga berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan *Problem Based Learning* dalam proses pembelajaran di kelas. Temuan ini sejalan dengan penelitian Indriyanti *et al.* (2020) yang menunjukkan bahwa pembelajaran dengan representasi tetrahedral dapat mempertajam pemahaman peserta didik dari empat tingkat representasi kimia pada materi kimia. Selain itu, Wulansari & Nuryadi (2022) juga melaporkan bahwa penggunaan bahan ajar elektronik berbasis model *Problem Based Learning* terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

Hasil penelitian ini yang menunjukkan peningkatan pemahaman konsep peserta didik sejalan dengan karakteristik model *Problem Based Learning* (PBL) yang menekankan pada aktivitas penyelesaian masalah nyata sehingga mendorong keterlibatan aktif dan kemandirian belajar peserta didik (Ramadani & Nana, 2020; Kurniawan *et al.*, 2020). Selain itu, keberhasilan e-modul dalam meningkatkan pemahaman konsep juga didukung oleh penggunaan representasi tetrahedral yang

mengintegrasikan aspek makroskopik, mikroskopik, simbolik, dan elemen manusia, sehingga konsep larutan penyangga yang bersifat abstrak dapat dipahami lebih komprehensif (Mahaffy, 2004; Novita & Aini, 2022). Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Indriyanti *et al.* (2020) yang melaporkan bahwa pembelajaran berbasis representasi tetrahedral mampu mempertajam pemahaman konsep kimia, serta Wulansari & Nuryadi (2022) yang menunjukkan bahwa bahan ajar elektronik berbasis PBL efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

SIMPULAN

E-modul larutan penyangga berbasis representasi tetrahedral dengan pendekatan Problem Based Learning yang dikembangkan dinyatakan valid, praktis, dan efektif sehingga layak digunakan untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Selain itu, e-modul ini berpotensi digunakan secara berkelanjutan dalam pembelajaran kimia baik di kelas maupun secara daring.

DAFTAR RUJUKAN

- Dewi, R. S., & Aini, S. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Powerpoint Interaktif Berbasis Inkuiri Terbimbing pada Materi Larutan Penyangga. *Rana h Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 3(4), 205-214. <https://doi.org/10.38035/rj.v3i3.342>
- Fahmi, T. N., & Fikroh, R. A. (2022). Pengembangan Modul Bermuatan Multirepresentasi pada Materi Hidrokarbon untuk SMA/MA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 16(1), 53-58. <https://doi.org/10.15294/jipk.v16i1.30116>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *A merican journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hatimah, H., & Khery, Y. (2023). Pemahaman konsep dan literasi sains dalam penerapan media pembelajaran kimia berbasis android. *Jurnal Ilmiah IKIP Mataram*, 8(1), 111-120. <https://ojs.ikipmataram.ac.id/index.php/jiim>
- Indriyanti, N. Y., Saputro, S., & Sungkar, R. L. (2020). Problem-solving and problemposing learning model enriched with the multiple representation in tetrahedral chemistry to enhance students' conceptual understanding. *EDUSAINS*, 12(1), 123-134. <https://doi.org/10.15408/es.v12i1.13282>
- Johnstone, A.H. (1993). The Development of Chemistry Teaching: A Changing Resonse to Changing Demand. *Journal of Chemical Educaton*, 70(9): 701-705. <https://doi.org/10.1021/ed070p701>
- Kilpatrick, J., & Findell, B. (Eds.). (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington: National Academies Press.
- Kurniawan, I. K., Parmiti, D., & Kusmariyatni, N. (2020). Pembelajaran ipa dengan model problem based learning berbantuan media audio visual meningkatkan pemahaman konsep siswa. *Jurnal Edutech Undiksha*, 8(2), 80-92. <https://doi.org/10.23887/jeu.v8i2.28959>
- Mahaffy, P. (2004). The Future Shape of Chemistry Education. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 229-245. <https://doi.org/10.1039/B4RP90026J>
- Novita, R., & Aini, F. Q. (2022). Literature Review: The Use of Tetrahedral Chemistry Representation in Chemistry Learning. *Entalpi Pendidikan Kimia*, 2773-5171. <https://doi.org/10.24036/epk.v3i2.253>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. Paris: OECD.
- Prawiradilaga, D. S. (2019). *Prinsip Desain Pembelajaran Instructional Design Principles*. Bumi Aksara.

- Ramadani, E. M., & Nana, N. (2020). Penerapan *problem based learning* berbantuan virtual lab phet pada pembelajaran fisika guna meningkatkan pemahaman konsep siswa SMA: Literature review. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 8(1).
- Saprudin, S., Haerullah, A. H., & Hamid, F. (2021). Analisis penggunaan e-modul dalam pembelajaran fisika; Studi Literatur. *Jurnal Luminous: Riset Ilmiah Pendidikan Fisika*, 2(2), 38-42. <https://doi.org/10.31851/luminous.v2i2.6373>
- Suendarti, M., & Liberna, H. (2021). Analisis pemahaman konsep perbandingan trigonometri pada siswa sma. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 5(2), 326-339. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v5i2.4917>
- Widiastuti, N. L. G. K. (2021). E-Modul dengan Pendekatan Kontekstual pada Mata Pelajaran IPA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(3), 435-445. <https://doi.org/10.23887/jipp.v5i3.37974>
- Wulansari, R. D., & Nuryadi, N. (2022). Efektivitas Penggunaan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 4(4), 338-344. <https://core.ac.uk/download/pdf/322599509.pdf>