



**PENINGKATAN HASIL BELAJAR MURID MELALUI E-MODUL LARUTAN
PENYANGGA BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* TERINTEGRASI
TEACHING AT THE RIGHT LEVEL DI SMAN 8 PADANG**

Sania Alya Putri¹, Iryani²

Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Padang^{1,2}

e-mail: psaniaalya@gmail.com¹, iryaniachmad62@gmail.com²

Diterima: 21/7/2026; Direvisi: 1/8/2026; Diterbitkan: 18/8/2026

ABSTRAK

Perbedaan kemampuan awal murid menjadi salah satu persoalan dalam pembelajaran larutan penyangga karena materi ini menuntut keterhubungan antara konsep asam-basa, kesetimbangan kimia, dan perhitungan pH. Di SMAN 8 Padang, kondisi awal menunjukkan 57,5% murid belum mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP). Respons terhadap kondisi tersebut diwujudkan melalui penggunaan e-modul larutan penyangga yang memadukan *Problem-Based Learning* (PBL) dan *Teaching at the Right Level* (TaRL). Penelitian pada Mei 2026 ini melibatkan 72 murid, terdiri atas 36 murid kelas XI F9 sebagai kelompok eksperimen dan 36 murid XI F7 sebagai kelompok kontrol yang dipilih secara *purposive sampling*. Dengan *non-equivalent control group design*, kemampuan kognitif diukur melalui tes objektif 15 butir sebelum dan sesudah pembelajaran. Perubahan capaian memperlihatkan pola yang berbeda: rata-rata kelompok eksperimen bergerak dari 27,59 menjadi 78,70 dengan *N-gain* 0,714 (tinggi), sedangkan kelompok kontrol dari 28,15 menjadi 64,63 dengan *N-gain* 0,505 (sedang). Perbedaan peningkatan tersebut signifikan berdasarkan *independent sample t-test* ($t = 5,79$; $p < 0,001$). Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi e-modul, pemecahan masalah, dan penyesuaian pembelajaran berdasarkan kemampuan awal dapat memperkuat hasil belajar kognitif pada materi larutan penyangga.

Kata Kunci: *E-Modul, Hasil Belajar Kognitif, Larutan Penyangga, Problem-Based Learning, Teaching At The Right Level*

ABSTRACT

The differences in students' initial abilities represent one of the challenges in learning buffer solutions, as this topic requires students to connect acid-base concepts, chemical equilibrium, and pH calculations. At SMAN 8 Padang, the initial condition indicated that 57.5% of students had not achieved the Learning Objective Achievement Criteria (KKTP). In response to this condition, a buffer solution e-module integrating *Problem-Based Learning* (PBL) and *Teaching at the Right Level* (TaRL) was implemented. Conducted in May 2026, the study involved 72 students, comprising 36 students from class XI F9 as the experimental group and 36 students from class XI F7 as the control group, selected through *purposive sampling*. Using a *non-equivalent control group design*, cognitive achievement was assessed through a 15-item objective test administered before and after the learning process. The changes in achievement revealed different patterns: the experimental group's mean score increased from 27.59 to 78.70, with an *N-gain* of 0.714 (high), whereas the control group's mean score increased from 28.15 to 64.63, with an *N-gain* of 0.505 (moderate). The difference in learning gains was statistically significant based on the *independent sample t-test* ($t = 5.79$; $p < 0.001$). These findings indicate that integrating an e-module, problem-solving activities, and learning



adjustments based on students' initial abilities can strengthen cognitive learning outcomes in buffer solution instruction.

Keywords: *E-Module, Cognitive Learning Outcomes, Buffer Solution, Problem-Based Learning, Teaching At The Right Level*

PENDAHULUAN

Larutan penyangga memperlihatkan salah satu karakter pembelajaran kimia yang tidak mudah direduksi menjadi penguasaan fakta atau hafalan rumus. Untuk menentukan perubahan pH, peserta didik perlu memahami hubungan antara asam-basa, kesetimbangan kimia, perubahan komposisi larutan, serta prosedur perhitungan yang saling berkaitan. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk secara utuh, jawaban yang benar secara prosedural belum tentu mencerminkan pemahaman konsep yang memadai. Persoalan semacam ini telah teridentifikasi dalam kajian Rahmawan et al. (2021) melalui pengembangan instrumen diagnostik pada materi larutan penyangga, sementara Munawwarah dan Ashari (2025) memperlihatkan bahwa miskonsepsi merupakan persoalan yang lebih luas dalam pembelajaran kimia. Situasi tersebut mengisyaratkan bahwa pengalaman belajar perlu memberi ruang bagi peserta didik untuk berhadapan dengan konsep, menguji pemahamannya, dan menelusuri kembali alasan di balik suatu penyelesaian.

Dalam konteks seperti itu, bentuk bahan ajar menjadi relevan sejauh mampu mengatur bagaimana peserta didik berinteraksi dengan materi. E-modul menawarkan ruang yang memungkinkan materi, aktivitas, latihan, dan sumber belajar disusun dalam satu alur, sehingga penggunaannya tidak berhenti pada pemindahan buku teks ke perangkat digital. Fujiarti et al. (2024) menghubungkan penggunaan e-modul dengan peningkatan hasil belajar, sedangkan Sidauruk et al. (2025) memperlihatkan keterkaitannya dengan kemandirian, motivasi, dan capaian akademik. Fleksibilitas tersebut juga terlihat pada pengembangan e-modul interaktif berbasis Google Sites oleh Pradityo et al. (2025) dan e-modul berbasis ADDIE oleh Ayuni et al. (2026), yang sama-sama memperluas kemungkinan aktivitas belajar di dalam bahan ajar digital. Pada materi asam-basa, Hardawati et al. (2022) bahkan memadukan e-modul dengan pembelajaran kooperatif, memperkuat pandangan bahwa nilai pedagogis bahan digital bergantung pada bagaimana perangkat tersebut ditempatkan dalam keseluruhan pengalaman belajar.

Namun, satu lingkungan belajar yang sama belum tentu menghasilkan pengalaman yang sama bagi seluruh peserta didik. Perbedaan penguasaan konsep prasyarat membuat sebagian peserta didik dapat mengikuti tuntutan pembelajaran dengan relatif mudah, sementara yang lain memerlukan penguatan sebelum mampu memasuki persoalan yang lebih kompleks. Pada titik ini, *Problem-Based Learning* (PBL) menawarkan struktur belajar yang menempatkan persoalan sebagai penggerak penggunaan pengetahuan, bukan sekadar latihan setelah penyampaian materi. Perkembangan penerapan PBL dalam pembelajaran kimia telah dipetakan oleh Habib et al. (2025), sedangkan Meutia (2025) menggunakannya pada materi perhitungan kimia dan Indriyani et al. (2025) mengaitkannya dengan perkembangan berpikir kritis, motivasi, dan hasil belajar. Meski demikian, tuntutan pemecahan masalah yang seragam berpotensi menghasilkan beban belajar yang berbeda ketika peserta didik memulai pembelajaran dari tingkat kesiapan yang tidak sama. Karena itu, persoalannya bukan hanya bagaimana menghadirkan masalah yang bermakna, tetapi juga bagaimana memastikan masalah tersebut dapat diakses oleh peserta didik dengan kemampuan awal yang beragam.



Keragaman kesiapan belajar membawa perhatian pada *Teaching at the Right Level* (TaRL), yang menempatkan kemampuan aktual peserta didik sebagai pijakan dalam mengatur pengalaman pembelajaran. Pendekatan ini memungkinkan tuntutan belajar disesuaikan dengan posisi awal peserta didik, sehingga perbedaan penguasaan tidak semata-mata dipandang sebagai karakteristik individu, melainkan sebagai informasi untuk menentukan bentuk dukungan yang diperlukan. Putri dan Muldash (2024) menguraikan TaRL dalam kerangka pembelajaran berdiferensiasi, sementara Agusdianita et al. (2024) menunjukkan penggunaan bahan pembelajaran berbasis PBL dengan pendekatan berdiferensiasi untuk mendukung hasil belajar. Dalam pembelajaran kimia, Tarigan dan Darmana (2026) juga memperlihatkan bahwa kemampuan awal perlu diperhitungkan ketika capaian belajar dan minat peserta didik dianalisis. Dengan demikian, TaRL dan PBL memiliki fungsi yang saling melengkapi: yang satu membantu mengatur tingkat kesiapan belajar, sedangkan yang lain menyediakan situasi yang menuntut penerapan konsep untuk menyelesaikan persoalan.

Kombinasi tersebut memperoleh relevansi yang lebih kuat ketika diterapkan pada larutan penyangga. Peserta didik tidak hanya perlu mengenali karakteristik larutan, tetapi juga menalar apa yang terjadi ketika komponen tertentu ditambahkan dan menerjemahkan perubahan tersebut ke dalam prosedur perhitungan pH. Rahmawan et al. (2021) menunjukkan adanya kebutuhan untuk mendeteksi miskonsepsi pada materi ini melalui tes diagnostik berbasis gambar, sedangkan Munawwarah dan Ashari (2025) menempatkan miskonsepsi sebagai bagian dari persoalan pemahaman dalam pembelajaran kimia. Dengan karakter demikian, bahan ajar yang hanya menyediakan uraian konsep dan kumpulan soal belum sepenuhnya menjawab kebutuhan belajar. E-modul dapat menyediakan jalur materi dan aktivitas, PBL menghadirkan persoalan sebagai konteks penggunaan pengetahuan, sementara TaRL memungkinkan aktivitas tersebut diselaraskan dengan kemampuan awal peserta didik. Pertemuan ketiganya membentuk rancangan pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada apa yang dipelajari, tetapi juga pada bagaimana peserta didik memasuki dan menjalani proses tersebut.

Rancangan integratif itu juga perlu ditempatkan secara proporsional dalam perkembangan kajian yang sudah ada. Penggunaan e-modul telah dikembangkan dalam beragam bentuk oleh Pradityo et al. (2025), Ayuni et al. (2026), dan Hardawati et al. (2022), sementara PBL dalam pembelajaran kimia memperoleh perhatian melalui kajian Habib et al. (2025), Meutia (2025), dan Indriyani et al. (2025). Pada sisi lain, Putri dan Muldash (2024) serta Agusdianita et al. (2024) memberikan ruang bagi pembelajaran yang menyesuaikan kebutuhan peserta didik melalui TaRL atau pendekatan berdiferensiasi. Bahkan, Wijaya dan Iryani (2024) telah menghasilkan e-modul larutan penyangga berbasis PBL yang terintegrasi TaRL untuk Fase F kelas XI. Akan tetapi, keberadaan produk tersebut belum dengan sendirinya menjawab pertanyaan mengenai dampaknya terhadap hasil belajar kognitif ketika digunakan dalam pembelajaran dan dibandingkan dengan bahan ajar konvensional. Ruang empiris inilah yang menjadi titik berangkat penelitian, khususnya untuk melihat apakah integrasi tersebut memberikan peningkatan capaian yang lebih kuat pada pembelajaran larutan penyangga di tingkat SMA.

Penelitian ini kemudian diarahkan bukan pada pengujian masing-masing komponen secara terpisah, melainkan pada pengalaman belajar yang terbentuk ketika e-modul, PBL, dan TaRL bekerja dalam satu rancangan. E-modul berfungsi sebagai lingkungan digital yang mengorganisasi materi dan aktivitas, PBL memberi arah pada penggunaan konsep melalui persoalan, sedangkan TaRL memungkinkan proses tersebut disesuaikan dengan kemampuan



awal peserta didik. Fokus kajian diarahkan pada perubahan hasil belajar kognitif setelah penggunaan e-modul larutan penyangga berbasis PBL terintegrasi TaRL serta perbedaannya dengan pembelajaran yang menggunakan bahan ajar konvensional. Dengan cara pandang tersebut, penelitian tidak hanya menilai apakah capaian peserta didik meningkat, tetapi juga menempatkan peningkatan tersebut dalam konteks rancangan pembelajaran yang menggabungkan teknologi, pemecahan masalah, dan penyesuaian terhadap keragaman kesiapan belajar. Temuan yang diperoleh diharapkan dapat memperkaya bukti empiris mengenai penggunaan bahan ajar kimia yang lebih adaptif sekaligus memberikan dasar pertimbangan bagi pengembangan pembelajaran larutan penyangga yang mampu merespons perbedaan kemampuan awal peserta didik.

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilaksanakan di SMAN 8 Padang pada Mei 2026 dengan melibatkan empat kelas, yaitu XI F5, XI F7, XI F8, dan XI F9. Dua kelas kemudian dipilih dengan mempertimbangkan kesetaraan rata-rata nilai Ujian Tengah Semester, jumlah murid, serta guru kimia yang mengajar, sehingga XI F9 dan XI F7 dipandang memiliki kondisi awal yang sebanding. Pemilihan tersebut dilakukan melalui *purposive sampling*, dengan 36 murid pada masing-masing kelas; XI F9 mengikuti pembelajaran dengan e-modul larutan penyangga berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang terintegrasi *Teaching at the Right Level* (TaRL), sedangkan XI F7 menggunakan bahan ajar konvensional yang tersedia di sekolah. Seluruh rangkaian ditempatkan dalam *quasi experimental* dengan rancangan *non-equivalent control group design*, sehingga perubahan capaian kognitif dapat ditelusuri dari kondisi sebelum hingga setelah pembelajaran tanpa mengabaikan karakteristik kelas yang telah terbentuk.

Sebelum materi larutan penyangga dipelajari, kedua kelas mengerjakan *pretest* untuk memperoleh gambaran kemampuan kognitif awal. Khusus pada kelas XI F9, hasil Ujian Tengah Semester untuk materi asam-basa dan kesetimbangan kimia selanjutnya digunakan sebagai dasar pemetaan kesiapan belajar; dari 36 murid, 17 termasuk kategori tinggi, 10 kategori sedang, dan 9 kategori rendah. Ketiga kelompok tersebut masing-masing diberi kode Kalium (K), Magnesium (Mg), dan Tembaga (Cu), lalu aktivitas belajar melalui e-modul PBL-TaRL disesuaikan dengan pemetaan tersebut. Sementara itu, murid XI F7 mempelajari materi dengan bahan ajar konvensional tanpa penggunaan e-modul yang diberikan kepada kelas perlakuan. Setelah seluruh kegiatan pembelajaran selesai, kedua kelas kembali mengerjakan *posttest* dengan instrumen yang sama seperti pada pengukuran awal, sehingga perubahan capaian kognitif dapat dibandingkan secara langsung.

Pengukuran menggunakan tes objektif berisi 15 soal pilihan ganda tentang larutan penyangga. Sebelum digunakan dalam pengambilan data, setiap butir ditelaah melalui uji validitas, reliabilitas, daya pembeda, dan tingkat kesukaran untuk memastikan kelayakan instrumen. Data *pretest* dan *posttest* kemudian diolah secara kuantitatif menggunakan perangkat lunak statistik dengan terlebih dahulu memeriksa normalitas melalui uji Shapiro-Wilk dan homogenitas varians melalui uji F. Perubahan skor pada masing-masing kelas dihitung menggunakan *N-gain*, sedangkan perbedaan peningkatan antara kedua kelas diuji dengan *independent sample t-test* pada taraf signifikansi 0,05. Selain perbandingan antarkelas, perhitungan *N-gain* juga diterapkan pada kelompok K, Mg, dan Cu di kelas XI F9 untuk memperoleh gambaran perkembangan hasil belajar berdasarkan tingkat kemampuan awal murid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini memperoleh data hasil belajar kognitif murid berupa nilai *pretest* dan *posttest* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen terdiri atas 36 murid yang memperoleh pembelajaran menggunakan e-modul larutan penyangga berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang terintegrasi dengan *Teaching at the Right Level* (TaRL), sedangkan kelas kontrol terdiri atas 36 murid yang memperoleh pembelajaran menggunakan bahan ajar konvensional. Data yang diperoleh selanjutnya dideskripsikan berdasarkan nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelas. Deskripsi hasil belajar kedua kelas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Hasil *Pretest* dan *Posttest* Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kelas	N	Rata-rata <i>Pretest</i>	Rata-rata <i>Posttest</i>
Eksperimen	36	27,59	78,70
Kontrol	36	28,15	64,63

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata nilai *pretest* kelas eksperimen sebesar 27,59, sedangkan kelas kontrol sebesar 28,15. Rata-rata nilai *posttest* kelas eksperimen sebesar 78,70, sedangkan kelas kontrol sebesar 64,63. Selisih rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen sebesar 51,11 poin. Pada kelas kontrol, selisih rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* sebesar 36,48 poin.

Selain berdasarkan kelas, data hasil belajar pada kelas eksperimen juga disajikan berdasarkan kelompok kemampuan yang ditetapkan melalui pendekatan TaRL. Kelompok tersebut terdiri atas kelompok Kalium (K) dengan 17 murid, kelompok Magnesium (Mg) dengan 10 murid, dan kelompok Tembaga (Cu) dengan 9 murid. Pengelompokan dilakukan berdasarkan kemampuan awal murid yang diperoleh dari hasil analisis nilai Ujian Tengah Semester pada materi asam-basa dan kesetimbangan kimia. Deskripsi hasil *pretest* dan *posttest* berdasarkan kelompok kemampuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Deskripsi Hasil *Pretest* dan *Posttest* Berdasarkan Kelompok Kemampuan

Kelompok	N	Rata-rata <i>Pretest</i>	Rata-rata <i>Posttest</i>	Selisih
K	17	34,50	81,96	47,46
Mg	10	25,33	79,33	54,00
Cu	9	17,03	71,85	54,82

Tabel 2 menunjukkan bahwa kelompok K memperoleh rata-rata nilai *pretest* sebesar 34,50 dan rata-rata nilai *posttest* sebesar 81,96. Kelompok Mg memperoleh rata-rata nilai *pretest* sebesar 25,33 dan rata-rata nilai *posttest* sebesar 79,33. Kelompok Cu memperoleh rata-rata nilai *pretest* sebesar 17,03 dan rata-rata nilai *posttest* sebesar 71,85. Selisih rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* masing-masing kelompok adalah 47,46 poin pada kelompok K, 54,00 poin pada kelompok Mg, dan 54,82 poin pada kelompok Cu.

Selanjutnya, peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan uji *N-gain* berdasarkan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Perhitungan dilakukan terhadap 36 murid pada masing-masing kelas. Hasil perhitungan menunjukkan

adanya perbedaan nilai *N-gain* antara kedua kelas. Hasil uji *N-gain* kedua kelas disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji *N-gain* Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kelas	N	Rata-rata <i>Pretest</i>	Rata-rata <i>Posttest</i>	<i>N-gain</i>	Kategori
Eksperimen	36	27,59	78,70	0,714	Tinggi
Kontrol	36	28,15	64,63	0,505	Sedang

Berdasarkan Tabel 3, kelas eksperimen memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,714 dengan kategori tinggi. Kelas kontrol memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,505 dengan kategori sedang. Dengan demikian, nilai *N-gain* kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Perhitungan tersebut digunakan sebagai dasar untuk melihat peningkatan hasil belajar pada kedua kelas.

Analisis peningkatan hasil belajar selanjutnya dilakukan pada masing-masing kelompok kemampuan di kelas eksperimen. Kelompok K terdiri atas 17 murid, kelompok Mg terdiri atas 10 murid, dan kelompok Cu terdiri atas 9 murid. Nilai *N-gain* dihitung berdasarkan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* masing-masing kelompok. Hasil analisis *N-gain* berdasarkan kelompok kemampuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji *N-gain* Berdasarkan Kelompok Kemampuan

Kelompok	N	Rata-rata <i>Pretest</i>	Rata-rata <i>Posttest</i>	<i>N-gain</i>	Kategori
K	17	34,51	81,98	0,736	Tinggi
Mg	10	25,33	79,33	0,723	Tinggi
Cu	9	17,03	71,85	0,660	Sedang

Tabel 4 menunjukkan bahwa kelompok K memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,736 dengan kategori tinggi. Kelompok Mg memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,723 dengan kategori tinggi. Kelompok Cu memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,660 dengan kategori sedang. Nilai *N-gain* tertinggi terdapat pada kelompok K, diikuti kelompok Mg dan kelompok Cu.

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data penelitian terlebih dahulu dianalisis untuk mengetahui terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk terhadap data *pretest* dan *posttest* kelas eksperimen serta kelas kontrol. Uji homogenitas dilakukan menggunakan uji F untuk mengetahui kesamaan varians data kedua kelas. Hasil pengujian normalitas dan homogenitas disajikan secara ringkas pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas

Data	W hitung	W tabel	Keputusan Normalitas	F hitung	F tabel	Keputusan Homogenitas
<i>Pretest</i>	0,9449–0,9497	0,935	Normal	1,04	1,84	Homogen
<i>Posttest</i>	0,9400–0,9516	0,935	Normal	1,01	1,84	Homogen

Berdasarkan Tabel 5, nilai W hitung pada data *pretest* dan *posttest* berada di atas nilai W tabel sebesar 0,935. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data *pretest* dan *posttest* pada kedua kelas memenuhi kriteria normalitas berdasarkan perbandingan W hitung dan W tabel. Hasil uji homogenitas menunjukkan nilai F hitung sebesar 1,04 untuk data *pretest* dan 1,01 untuk data *posttest*, sedangkan F tabel sebesar 1,84. Nilai F hitung pada kedua data lebih kecil daripada F tabel sehingga varians data kedua kelas dinyatakan homogen.

Setelah hasil uji normalitas dan homogenitas memenuhi kriteria yang ditetapkan, pengujian dilanjutkan untuk mengetahui perbedaan peningkatan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji *independent sample t-test* pada taraf signifikansi 0,05. Data yang dibandingkan berupa nilai *N-gain* kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil uji hipotesis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji *Independent Sample t-Test* terhadap *N-gain*

Kelas	Rata-rata <i>N-gain</i>	Varians	t hitung	t tabel	Sig.	Keputusan
Eksperimen	0,714	0,021	5,79	1,67	<0,001	H_0 ditolak
Kontrol	0,505	0,026				

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh nilai t hitung sebesar 5,79 dan t tabel sebesar 1,67 pada taraf signifikansi 0,05. Nilai t hitung lebih besar daripada t tabel, yaitu $5,79 > 1,67$. Nilai signifikansi yang diperoleh adalah $p < 0,001$. Berdasarkan kriteria pengujian tersebut, H_0 ditolak, sehingga terdapat perbedaan peningkatan hasil belajar yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Pembahasan

Perubahan capaian belajar dalam penelitian ini lebih tepat dibaca sebagai perubahan pada pengalaman belajar, bukan sekadar akibat peralihan bahan ajar ke format digital. Rata-rata *posttest* kelas eksperimen mencapai 78,70 dengan *N-gain* 0,714 (tinggi), sedangkan kelas kontrol mencapai 64,63 dengan *N-gain* 0,505 (sedang), dengan perbedaan yang signifikan ($t = 5,79$; $p < 0,001$). Temuan tersebut sejalan dengan Maulana et al. (2024) mengenai keterkaitan lingkungan belajar dengan capaian akademik dan Sidauruk et al. (2025) tentang hubungan e-modul dengan kemandirian, motivasi, serta hasil belajar. Dalam penelitian ini, e-modul menjadi lebih dari sekadar sumber digital karena menggabungkan materi, aktivitas, dan persoalan dalam satu alur pembelajaran. Dengan demikian, capaian yang lebih tinggi pada kelas eksperimen berkaitan dengan cara teknologi tersebut digunakan untuk membentuk aktivitas belajar.

Nilai pedagogis e-modul tampak ketika materi, latihan, dan pemecahan masalah tersusun sebagai rangkaian yang saling berkaitan. Murid tidak sepenuhnya bergantung pada penjelasan guru karena dapat mengikuti aktivitas melalui sumber belajar yang telah terstruktur. Temuan Fujiarti et al. (2024) mengenai peningkatan hasil belajar melalui e-modul dan Sidauruk et al. (2025) tentang kemandirian serta motivasi memperkuat posisi tersebut. Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa manfaat tersebut tidak semata-mata berasal dari format elektronik, sebab e-modul digunakan bersama PBL dan TaRL. Efektivitasnya lebih tepat dipahami sebagai hasil dari keterpaduan antara isi bahan ajar dan aktivitas yang mengiringinya.



Pada saat persoalan ditempatkan sebagai pemicu pembelajaran, konsep kimia berfungsi sebagai pengetahuan yang harus digunakan, bukan sekadar diingat. Murid perlu membaca kondisi larutan, menghubungkan konsep asam-basa dan kesetimbangan, kemudian menentukan prosedur penyelesaian yang sesuai. Pola ini relevan dengan temuan Meutia (2025) mengenai kontribusi PBL terhadap hasil belajar dan berpikir kritis pada materi perhitungan kimia serta Indriyani et al. (2025) tentang efektivitas PBL terhadap berpikir kritis, motivasi, dan hasil belajar. Dalam penelitian ini, aktivitas tersebut berlangsung melalui e-modul sehingga proses pemecahan masalah memiliki sumber dan tahapan yang lebih terarah. PBL dengan demikian memperkuat fungsi e-modul sebagai lingkungan untuk menggunakan konsep, bukan hanya sebagai tempat memperoleh informasi.

Akan tetapi, persoalan yang sama tidak selalu dapat dihadapi dengan cara yang sama karena kemampuan awal murid berbeda. Pada kelas eksperimen, 17 murid berada dalam kelompok K, 10 murid kelompok Mg, dan 9 murid kelompok Cu; setelah pembelajaran, masing-masing memperoleh *N-gain* 0,736, 0,723, dan 0,660. Meskipun kelompok Cu tetap memiliki capaian akhir lebih rendah, seluruh kelompok mengalami peningkatan. Temuan Fatma dan Listiawan (2025) mengenai TaRL serta Afandi et al. (2024) mengenai pembelajaran berdiferensiasi berbasis TaRL memberikan konteks bahwa kemampuan awal dapat digunakan untuk mengatur dukungan belajar. Dalam penelitian ini, TaRL memungkinkan aktivitas PBL disesuaikan dengan kesiapan murid tanpa menghilangkan tuntutan konseptual materi.

Perkembangan kelompok Cu memberikan gambaran penting mengenai fungsi pengelompokan berdasarkan kemampuan awal. Kelompok tersebut mencapai rata-rata *posttest* 71,85 dengan *N-gain* 0,660, sehingga kemampuan awal yang lebih rendah tidak menghalangi terjadinya perkembangan. Pengelompokan K, Mg, dan Cu lebih tepat dipahami sebagai cara mengatur pengalaman belajar daripada memberikan label kemampuan yang bersifat tetap. Pandangan ini sejalan dengan Putri et al. (2024) tentang kebutuhan pembelajaran berdiferensiasi dan Afandi et al. (2024) mengenai penggunaan TaRL berdasarkan tingkat kemampuan. Ketika dipadukan dengan PBL, penyesuaian tersebut memungkinkan murid dengan kesiapan berbeda tetap berhadapan dengan tuntutan pemecahan masalah yang relevan.

Peningkatan capaian belum berarti seluruh persoalan konseptual larutan penyangga terselesaikan. Hasil wawancara menunjukkan bahwa sebagian murid masih kesulitan menentukan perubahan setelah penambahan asam atau basa, menghitung mol komponen yang tersisa, dan menetapkan pH setelah komposisi larutan berubah. Kesulitan tersebut menunjukkan perlunya kemampuan menghubungkan reaksi, perubahan jumlah zat, kesetimbangan, dan prosedur matematis secara terpadu. Temuan Awwalin dan Nugroho (2024) mengenai miskonsepsi melalui tes diagnostik *five-tier* serta Kargopoulos et al. (2026) tentang penggunaan *inquiry-based learning* pada larutan penyangga memperlihatkan bahwa pemahaman materi ini memang memerlukan proses konseptual yang berkelanjutan. Karena itu, *N-gain* yang tinggi perlu dipahami sebagai bukti perkembangan capaian kognitif, bukan sebagai tanda bahwa seluruh kesulitan konseptual telah hilang.

Secara keseluruhan, hasil penelitian memperlihatkan bahwa kekuatan pendekatan ini berada pada hubungan antara tiga fungsi yang berbeda. Ardana et al. (2026) menunjukkan kemungkinan pengembangan e-modul dengan PBL dan TaRL, sementara Meutia (2025) dan Indriyani et al. (2025) memperkuat penggunaan PBL dalam pembelajaran kimia; Fujiarti et al. (2024), Fatma dan Listiawan (2025), serta Afandi et al. (2024) memberikan dukungan pada



fungsi e-modul dan TaRL. Dalam penelitian ini, e-modul mengatur sumber dan aktivitas, PBL menghadirkan masalah sebagai konteks penggunaan konsep, sedangkan TaRL merespons perbedaan kemampuan awal. Capaian kelas eksperimen yang lebih tinggi karena itu tidak tepat dilekatkan pada satu komponen secara terpisah, melainkan pada keterpaduan ketiganya dalam pengalaman belajar. Pendekatan tersebut menunjukkan peluang pengembangan bahan ajar kimia yang tidak hanya digital, tetapi juga responsif terhadap cara murid belajar dan tingkat kesiapan mereka.

KESIMPULAN

E-modul larutan penyangga yang menggabungkan *Problem-Based Learning* (PBL) dan *Teaching at the Right Level* (TaRL) memberikan ruang belajar yang lebih responsif terhadap perbedaan kesiapan murid. Keunggulan pendekatan ini tidak hanya tampak pada peningkatan capaian kognitif, tetapi juga pada terbukanya kesempatan bagi murid dengan kemampuan awal yang berbeda untuk berkembang melalui aktivitas pemecahan masalah yang disesuaikan. Perbedaan peningkatan yang signifikan dibandingkan kelas dengan bahan ajar konvensional memperkuat posisi integrasi tersebut sebagai rancangan pembelajaran yang memiliki nilai pedagogis pada materi larutan penyangga. Dengan demikian, e-modul dapat ditempatkan bukan sekadar sebagai alternatif bahan ajar digital, melainkan sebagai bagian dari desain pembelajaran yang mempertemukan teknologi, pemecahan masalah, dan respons terhadap keragaman kemampuan.

Pengembangan berikutnya perlu bergerak dari sekadar memperluas isi menuju penguatan dukungan belajar pada bagian materi yang paling menantang, terutama penentuan pH setelah penambahan asam atau basa. Contoh penyelesaian bertahap, latihan yang lebih adaptif, umpan balik, dan kegiatan remedial dapat dipertimbangkan agar e-modul semakin mampu menjembatani kesenjangan pemahaman konseptual dan prosedural. Penelitian lanjutan juga perlu melibatkan sekolah serta karakteristik murid yang lebih beragam untuk melihat konsistensi penerapan pendekatan ini pada konteks yang berbeda. Selain capaian kognitif, pengujian terhadap kemampuan berpikir kritis, kemandirian belajar, motivasi, dan retensi konsep akan memberikan gambaran yang lebih utuh mengenai kontribusi integrasi PBL dan TaRL dalam pembelajaran kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusdianita, N., Danim, S., Susanta, A., Dwi, R., & Maghfira, S. (2024). Problem-based learning materials integrated with differentiated approaches to enhance elementary school students' learning outcomes. *Profesi Pendidikan Dasar*, 11, 161–182. <https://doi.org/10.23917/ppd.v11i3.6441>
- Afandi, R. A., Ningtyas, N. S., Susiyawati, E., & Pratiwi, P. (2024). The effectiveness of differentiated learning using the TaRL (teaching at the right level) approach for improving learning interest and learning outcome. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(4), 657–662. <https://jurnalkip.unram.ac.id/index.php/JPM/article/view/6860>
- Ardana, D. A., Mawarsari, V. D., & Sulistyaningsih, D. (2026). E-Modul Tematik Detektif Model Problem Based Learning (PBL) Pendekatan Teaching at The Right Level (TaRL) pada Materi Persamaan Linear Satu Variable (PLSV). *Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, 20(1). <https://doi.org/10.23887/wms.v20i1.113591>
- Awwalin, U. B., & Nugroho, D. E. (2024). Identifikasi miskonsepsi siswa menggunakan tes



- diagnostik five-tier pada materi larutan penyangga. *Science Education and Development Journal Archives*, 2(1), 20–29. <https://doi.org/10.59923/sendja.v2i1.79>
- Ayuni, R. R., Rahayu, S., & Triwahyuningtyas, D. (2026). Pengembangan dan uji efektivitas E-modul interaktif berbasis scratch menggunakan model ADDIE pada materi penjumlahan dan pengurangan bilangan cacah siswa kelas II SD. *Efektor*, 13(1), 1–16. <https://doi.org/10.29407/e.v13i1.28237>
- Fatma, A. F., & Listiawan, T. (2025). Efektivitas pendekatan Teaching at the Right Level terhadap hasil belajar IPA siswa kelas VIII. *Journal of Innovation and Teacher Professionalism*, 3(2), 287–294. <https://citeus.um.ac.id/jitpro/vol3/iss2/7/>
- 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(1), 83–89. <https://doi.org/10.57008/jjp.v4i01.694>
- Habib, M., Shiddiqi, A., Purwaningsih, D., & Pujiana, E. (2025). Research trends in the application of Problem Based Learning model in chemistry learning in Indonesia: A systematic literature review. *International Journal of Chemistry Education Research*, 9. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol9.iss1.art8>
- Hardawati, N., Harizon, & Muhaimin. (2022). Pengaruh penerapan e-modul larutan asam basa dengan model pembelajaran kooperatif tipe STAD terhadap hasil belajar effect. *Edu-Sains*, 11(2). <https://doi.org/10.22437/jmpmipa.v11i2.4979>
- Indriyani, H. K., Purwaningsih, D., & Khaokhajorn, W. (2025). The effects of Problem-Based Learning on critical thinking, motivation, and learning outcomes in Indonesia: A systematic review. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(3), 1750–1777. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp1750-1777>
- Kargopoulos, A., Skordoulis, C., Giannakoudakis, P., & Mavropoulos, A. (2026). Teaching buffer solutions to high school students through inquiry-based learning. *Journal of Chemical Education*, 103, 3066–3072. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c01681>
- Maulana, R., Imtiyaz, A., Wulandari, R., & Felisa, A. (2024). Pengaruh lingkungan belajar terhadap hasil belajar peserta didik di SMP Negeri 8 Gresik. *Jurnal Inovasi Penelitian Ilmu Pendidikan Indonesia*, 1, 123–132. <https://doi.org/10.31004/b4tdaf34>
- Meutia, C. (2025). Peningkatan hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis siswa dalam materi perhitungan kimia melalui model pembelajaran Problem Based Learning. *Jurnal Kinerja Kependidikan (JKK): Facilities of Educator Career and Educational Scientific Information*, 6(1). <https://www.journalserambi.org/index.php/jkk/article/view/257>
- Munawwarah, M., & Ashari, A. (2025). Unveiling misconceptions in chemistry: A review of causes, common patterns, and levels of student understanding. *Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran*, 8(3), 1765–1778. <https://doi.org/10.30605/jsgp.8.3.2025.6935>
- Pradityo, F., Putra, U., & Triwahyuni, E. (2025). Development of interactive e-modules based on Google Sites to improve critical thinking skills and agility at SMKN 2 Jember. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(7), 1056–1065. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i7.11881>
- Putri, & Muldash, M. P. (2024). Exploring differentiated learning: A Teaching at the Right Level approach in elementary schools. *Journal for Lesson and Learning Studies*, 7(2), 232–239. <https://doi.org/10.23887/jlls.v7i2.77274>
- Putri, N. S., Sumarno, S., & Sartika, D. (2024). Implementasi pembelajaran berdiferensiasi dalam memenuhi kebutuhan belajar peserta didik di era Kurikulum Merdeka pada



- sekolah dasar di Kota Semarang. *Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 10. <https://journal.stkipsubang.ac.id/index.php/didaktik/article/view/3657>
- Rahmawan, S., Firman, H., Siswaningsih, W., & Rahayu, D. S. (2021). Development of pictorial-based two-tier multiple choice misconception diagnostic test on buffer solutions. *Jurnal Tadris Kimiya*, 2, 132–143. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/2560077>
- Sidauruk, T., Delita, F., & Berutu, N. (2025). E-modules to improve learning independence, motivation and learning outcomes. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 9(1), 171–180. <https://doi.org/10.23887/jppp.v9i1.74404>
- Tarigan, A. M. B., & Darmana, A. (2026). Pengaruh bahan ajar kimia berbasis nilai spiritual terhadap hasil belajar dan minat siswa ditinjau dari kemampuan awal. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 6(1), 32–39. <https://doi.org/10.36312/panthera.v6i1.781>
- Wijaya, Y. S., & Iryani, I. (2024). Validitas E-Modul Larutan Penyangga Berbasis Problem Based Learning (PBL) Terintegrasi Teaching at The Right Level (TaRL) Fase F Kelas XI. *Entalpi Pendidikan Kimia*, 5(2), 10-17. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/4186083>