

EFEKTIVITAS MODEL PBL-STEM DALAM MENDORONG DEEP LEARNING PADA MATERI LAJU REAKSI

Ririn Eva Hidayati*

*MAN 1 Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia

*E-mail: ririneva@gmail.com

Abstract

Students' understanding of reaction rate concepts in madrasah aliyah remains low due to learning practices that emphasize rote memorization rather than critical and practical thinking. This paper explores the effectiveness of applying the Problem-Based Learning model in conjunction with STEM principles in fostering deep learning among students on the topic of reaction rates. This study employed a quasi-experimental, nonequivalent control-group design. This study involved 68 students from MAN 1 Kota Malang, with 34 assigned to the experimental group (class XI-G) and 34 to the control group (class XI-F). Data collection involved pretests and posttests comprising five-option multiple-choice questions, as well as classroom observations and analysis of student reflection journals. The findings revealed a notable disparity in academic performance between the treatment and comparison groups. The treatment group achieved an average posttest score of 77.33, with an N-Gain of 0.58, placing it in the moderate category. In contrast, the comparison group obtained an average score of 56.67, with a lower N-Gain of 0.28, which was categorized as low. Observational and reflective data indicated that learners in the treatment group were more active, collaborative, and able to transfer concepts to real-world contexts. A key innovation of this study is the structured implementation of the PBL-STEM model, which not only improves cognitive achievement but also fosters deep learning through contextual learning experiences, collaborative projects, and reflective thinking. This model proves to be effective in chemistry instruction aligned with the Merdeka Curriculum.

Keywords: chemistry learning; deep learning; PBL-STEM; quasi-experiment; reaction rate

Abstrak

Pemahaman siswa terhadap materi laju reaksi di madrasah aliyah masih tergolong rendah karena pembelajaran cenderung berfokus pada hafalan rumus tanpa memberikan ruang untuk berpikir kritis dan aplikatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi seberapa efektif penerapan model pembelajaran Problem Based Learning yang terintegrasi dengan pendekatan STEM pada pembelajaran mendalam (*deep learning*) siswa pada topik laju reaksi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuasi eksperimen dengan desain Nonequivalent Control Group. Sampel penelitian mencakup siswa kelas XI di MAN 1 Kota Malang, dengan XI-F sebagai kelas kontrol dan XI-G sebagai kelas eksperimen, masing-masing berjumlah 34 siswa. Data dikumpulkan melalui pemberian pretest dan posttest dalam bentuk soal pilihan ganda lima opsi, serta melalui teknik observasi dan penulisan jurnal refleksi. Penelitian ini menemukan perbedaan nyata dalam capaian pembelajaran antara kelas eksperimen dan kontrol. Nilai rerata posttest kelas eksperimen adalah 77,33 dengan peningkatan N-Gain 0,58 (kategori sedang), sementara kelas kontrol menunjukkan rata-rata 56,67 dan N-Gain 0,28 (kategori rendah). Data observasi dan refleksi memberi gambaran bahwasanya siswa pada kelompok eksperimen lebih aktif, kolaboratif, dan mampu mentransfer konsep ke situasi nyata. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penerapan sistematis langkah-langkah PBL-STEM yang tidak hanya meningkatkan capaian kognitif, tetapi juga membentuk proses *deep learning* melalui pengalaman belajar kontekstual, proyek kolaboratif, dan refleksi mendalam. Model ini efektif diterapkan dalam pembelajaran kimia berbasis Kurikulum Merdeka.

Kata Kunci: *deep learning; kuasi eksperimen; laju reaksi; PBL-STEM; pembelajaran kimia*

PENDAHULUAN

Materi laju reaksi dalam pembelajaran kimia kelas XI merupakan salah satu kompetensi penting dalam Kurikulum Merdeka yang menargetkan kemampuan siswa dalam menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kecepatan reaksi kimia (suhu, konsentrasi, luas permukaan, tekanan, dan katalis) serta mengaitkannya dengan berbagai fenomena kontekstual dalam kehidupan sehari-hari. Namun, capaian pembelajaran pada materi ini masih tergolong rendah. Penelitian Sari, et al., (2019) menunjukkan bahwa banyak siswa mengalami kesulitan memahami konsep abstrak seperti teori tumbukan dan energi aktivasi, sehingga pembelajaran cenderung berfokus pada hafalan rumus daripada pemahaman konseptual. Kondisi ini berdampak pada rendahnya hasil belajar dan kurangnya kemampuan siswa dalam mengintegrasikan konsep kimia dengan penerapan praktisnya. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang mampu membantu siswa membangun pemahaman konseptual secara mendalam dan aplikatif pada topik laju reaksi. Materi ini melatih kemampuan siswa dalam mengaitkan teori dengan proses nyata yang terjadi dalam reaksi kimia, termasuk bagaimana faktor-faktor seperti suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan katalis memengaruhi kecepatan reaksi (Sari, et al., 2019).

Hasil belajar siswa yang rendah pada topik ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang berlangsung belum

sepenuhnya mendorong pemahaman mendalam atau *deep learning* (Tong, et al., 2022). Peserta didik kerap fokus pada penguasaan rumus dan langkah-langkah prosedural tanpa disertai pemahaman mendalam terhadap konsep serta relevansinya dalam konteks kehidupan sehari-hari (Sofiatunnisa & Adirakasiwi, 2025).

Pembelajaran kimia yang ideal tidak hanya menekankan aspek teoretis, tetapi juga mendorong peserta didik untuk mengaitkan konsep-konsep tersebut dengan dunia nyata dan berbagai bidang ilmu lainnya (Byusa, et al., 2022). Pendekatan pembelajaran yang diinginkan seharusnya tidak semata-mata menekankan pada pencapaian hasil akhir, tetapi juga memberi ruang pada proses berpikir, pengembangan kreativitas, serta keterampilan abad ke-21 (Herlinawati et al., 2024). Dengan demikian, penting bagi guru untuk memilih model pembelajaran yang efektif mengaktifkan peran siswa secara optimal, membangun kolaborasi, dan merangsang daya pikir kritis serta kemampuan pemecahan masalah.

Model pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan elemen-elemen STEM dipandang berpotensi memberikan solusi terhadap permasalahan rendahnya pemahaman konseptual siswa. Namun, efektivitasnya pada konteks pembelajaran materi laju reaksi di madrasah aliyah masih memerlukan pengujian empiris. Kombinasi

keduanya mampu menciptakan pembelajaran yang kontekstual, interdisipliner, dan mendorong siswa untuk belajar secara bermakna dan mendalam (Rehman, et al., 2024; Tairas, et al., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penggunaan model PBL berbasis STEM. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Wati et al. (2024) yang mengimplementasikan pembelajaran berbasis PBL-STEM (Wati, et al., 2024). Temuan penelitian mengindikasikan bahwasanya penggunaan model pembelajaran PBL-STEM terbukti efektif mendorong peningkatan keterampilan berpikir kritis dan motivasi belajar peserta didik. Rata-rata skor posttest siswa di kelompok perlakuan menunjukkan kenaikan yang jauh melampaui kelompok pembanding. Penelitian Wati, et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan PBL-STEM meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan motivasi belajar secara signifikan melalui eksperimen berbasis proyek. Hal ini menjadi landasan penting untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut terkait efektivitas pendekatan ini pada konteks pembelajaran materi laju reaksi di madrasah aliyah.

Penelitian sebelumnya memiliki keterbatasan ruang lingkup, karena mayoritas penerapan PBL-STEM dilakukan pada jenjang sekolah dasar dan belum secara spesifik mengkaji materi laju reaksi pada pembelajaran kimia di madrasah aliyah. Kondisi ini

menunjukkan adanya *research gap* yang perlu diteliti secara empiris. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan tidak hanya menilai peningkatan hasil belajar secara kuantitatif, tetapi juga mengeksplorasi indikator *deep learning* melalui observasi aktivitas siswa, proyek eksperimen kontekstual, dan jurnal refleksi. Pendekatan evaluasi autentik ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih komprehensif tentang efektivitas model PBL-STEM dalam membentuk proses pembelajaran yang bermakna.*deep learning*

Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut, penelitian ini menawarkan model pembelajaran PBL-STEM yang dirancang lebih menyeluruh, baik dari segi perencanaan, implementasi, maupun evaluasinya. Model yang dikembangkan tidak hanya mengintegrasikan konteks masalah dan konsep sains, tetapi juga memanfaatkan teknologi pembelajaran seperti simulasi reaksi kimia digital dan lembar kerja elektronik untuk eksperimen berbasis virtual. Evaluasi pembelajaran juga dirancang menggunakan pendekatan autentik yang menekankan keterpaduan antara aspek pengetahuan, sikap, dan keterampilan secara holistik. Selain itu, desain kuasi eksperimen digunakan dalam penelitian ini dengan pembagian subjek ke dalam kelompok kontrol dan eksperimen untuk memperoleh data yang lebih kuat secara

statistik dan dapat dibandingkan secara signifikan.

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penerapan model PBL yang benar-benar terintegrasi secara utuh dengan pendekatan STEM dalam konteks materi laju reaksi, serta pengukuran keberhasilan yang tidak hanya terbatas pada aspek kognitif semata. Penelitian ini juga mengusung pendekatan evaluasi pembelajaran yang lebih komprehensif, mencakup aspek berpikir kritis, kemampuan kolaboratif, dan literasi sains, sebagai indikator tercapainya *deep learning*. Harapannya, hasil penelitian ini dapat memperkaya praktik pembelajaran kimia melalui pendekatan yang tak hanya menghasilkan capaian akademik, tetapi juga mendorong transformasi dalam proses belajar mengajar.

Model *Problem Based Learning* (PBL) menekankan penggunaan masalah kontekstual sebagai sarana untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, dan pemecahan masalah melalui pendekatan konstruktivistik (Tairas et al., 2025). Integrasi PBL dengan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) memungkinkan pembelajaran yang interdisipliner dan aplikatif, sehingga siswa dapat menghubungkan konsep kimia dengan penerapan teknologi dan rekayasa pada situasi nyata (Arisa & Sitinjak, 2022).

Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *deep learning*, yaitu proses belajar bermakna yang mendorong penguasaan konseptual secara mendalam serta kemampuan mentransfer pengetahuan ke konteks baru (Miller & Krajcik, 2019). Dalam konteks materi laju reaksi, pendekatan PBL-STEM berpotensi memperkuat pemahaman konseptual siswa mengenai variabel-variabel yang memengaruhi kecepatan reaksi dan hubungannya dengan fenomena nyata melalui kegiatan investigatif dan eksperimen kontekstual.

Studi ini dimaksudkan untuk mengevaluasi keefektifan penerapan strategi pembelajaran berbasis masalah yang terintegrasi dengan pendekatan STEM pada topik laju reaksi di MAN 1 Kota Malang. Implementasi strategi ini memungkinkan peserta didik untuk memperoleh pemahaman konsep yang lebih mendalam serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, serta menyelesaikan permasalahan dengan cara yang ilmiah. Selain itu, hasil studi ini diproyeksikan memberikan sumbangsih positif dalam peningkatan mutu strategi praktik pengajaran kimia yang lebih progresif dan kontekstual, serta menjadi rujukan bagi guru dan praktisi pendidikan dalam menciptakan pembelajaran yang mendorong *deep learning* di kelas.

Masalah utama yang dikaji dalam studi ini adalah: (1) Apakah model pembelajaran Problem Based Learning berbasis STEM efektif dalam

mengoptimalkan capaian belajar siswa dalam materi laju reaksi di MAN 1 Kota Malang? dan (2) Apakah penerapan model tersebut mampu mendorong terciptanya *deep learning* yang ditunjukkan melalui pemahaman konseptual yang mendalam, daya nalar kritis, dan literasi sains siswa?

METODE

Penelitian ini dilaksanakan berlandaskan pendekatan kuantitatif melalui metode kuasi eksperimen. Rancangan penelitian yang digunakan adalah *Nonequivalent Control Group Design*, yakni rancangan eksperimen yang melibatkan dua grup, yakni kelompok perlakuan dan kelompok pembanding, yang masing-masing diberikan *pretest* dan *posttest*. Skema desain penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Desain Penelitian

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen (XI-G)	O ₁	X	O ₂
Kontrol (XI-F)	O ₁	-	O ₂

Keterangan:

O₁ = pretest

O₂ = posttest

X = pembelajaran PBL-STEM

- = pembelajaran konvensional

Kelompok eksperimen mendapatkan perlakuan berupa penerapan pola pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan STEM (PBL-STEM), di sisi lain kelas pembanding mendapatkan pembelajaran konvensional yang biasa digunakan oleh guru. Desain ini dipilih untuk menilai sejauh mana intervensi

pembelajaran berkontribusi terhadap peningkatan capaian belajar serta munculnya indikasi terjadinya pembelajaran mendalam pada siswa.

Penelitian ini dilakukan di MAN 1 Kota Malang pada paruh kedua tahun pelajaran 2024/2025. Subjek penelitian mencakup keseluruhan peserta didik tingkat XI MIPA yang tengah mempelajari materi laju reaksi. Pemilihan sampel menggunakan teknik purposive sampling mengacu pada kesetaraan kemampuan awal berdasarkan nilai kimia sebelumnya dan kesediaan guru untuk mengimplementasikan model pembelajaran sesuai dengan rancangan penelitian. Dua kelas dipilih sebagai objek pengamatan, masing-masing ditetapkan sebagai kelompok perlakuan dan kelompok pembanding. Kedua kelas berada dalam level akademik yang relatif seimbang berdasarkan hasil asesmen sebelumnya.

Data dikumpulkan menggunakan tiga cara, yakni penilaian tertulis, pengamatan aktivitas, serta kajian dokumen. Fokus utama data yang dikumpulkan berupa capaian kemampuan kognitif peserta didik, dihimpun melalui tes awal dan akhir berupa soal objektif terdiri dari lima alternatif pilihan respon. Instrumen tes ini berfungsi untuk mengevaluasi penguasaan konsep laju reaksi pra dan pasca intervensi pembelajaran diberikan.

Data mengenai proses *deep learning* dikumpulkan melalui lembar

observasi aktivitas belajar siswa dan jurnal refleksi individu. Lembar observasi dirancang berdasarkan indikator *deep learning* yang meliputi: (1) pemahaman konseptual yang mendalam, ditandai dengan kemampuan menjelaskan hubungan antar konsep dan fenomena kontekstual; (2) kemampuan menalar secara kritis, yang tercermin dari kemampuan mengajukan pertanyaan bermakna, memberikan justifikasi ilmiah, dan menyusun argumen berbasis data; serta (3) literasi sains, ditunjukkan melalui kemampuan menginterpretasi data, merancang strategi pemecahan masalah, dan menyimpulkan hasil eksperimen. Instrumen observasi divalidasi oleh dua ahli pendidikan kimia, dan penilaian dilakukan menggunakan rubrik skala empat (1 = rendah sampai 4 = sangat baik). Data jurnal refleksi dianalisis menggunakan teknik analisis konten untuk mengidentifikasi pola keterlibatan kognitif dan proses pembentukan pemahaman mendalam.

Dokumentasi berupa foto kegiatan dan catatan lapangan digunakan sebagai data pendukung. Instrumen tes telah divalidasi oleh ahli. Validitas isi diuji melalui penilaian ahli, sementara reliabilitas instrumen dianalisis menggunakan koefisien Alpha Cronbach.

Data hasil belajar siswa dianalisis dengan uji statistik inferensial. Analisis data diawali dengan uji normalitas (Kolmogorov-Smirnov) dan uji

homogenitas sebagai prasyarat sebelum dilakukan pengujian hipotesis. Pengujian hipotesis ditempuh melalui *Independent Samples t-test* untuk mengetahui perbedaan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol secara signifikan. Selain itu, untuk mengetahui tingkat efektivitas model pembelajaran PBL-STEM, digunakan perhitungan nilai N-Gain, yang dikategorikan ke dalam kriteria rendah, sedang, dan tinggi. Seluruh analisis data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Rancangan pembelajaran PBL-STEM dilaksanakan dalam enam kali pertemuan pada kelompok eksperimen. Pada setiap sesi pembelajaran, siswa mengikuti tahapan PBL yang meliputi orientasi masalah, penyusunan hipotesis, penyelidikan, penyusunan solusi, dan presentasi hasil. Pembelajaran diawali dengan pemaparan masalah kontekstual terkait laju reaksi, seperti fenomena pencoklatan apel dan penggunaan katalis dalam industri makanan. Selanjutnya, siswa bekerja dalam kelompok kecil untuk merancang dan melakukan eksperimen mengenai pengaruh variabel suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan katalis terhadap kecepatan reaksi menggunakan alat praktikum sederhana serta simulasi digital PhET. Hasil eksperimen dianalisis dan dipresentasikan dalam format poster ilmiah, kemudian ditutup

dengan penulisan jurnal refleksi untuk mengevaluasi pemahaman konseptual dan proses berpikir mereka. Sementara itu, kelas kontrol menerima pembelajaran konvensional melalui penjelasan konsep, contoh soal, dan latihan terstruktur tanpa kegiatan investigatif ataupun proyek kolaboratif.

Deskripsi pelaksanaan pembelajaran ini menjadi dasar untuk memahami perbedaan capaian pembelajaran yang ditunjukkan oleh data berikut. Data nilai uji kognitif sebelum dan setelah pembelajaran ditampilkan sebagaimana tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Data nilai uji kognitif.

Kelompok	Rata-rata		n-gain	Kategori	Signifikansi
	Prestest	Posttest			
Eksperimen	44,67	77,33	0,58	Sedang	p = 0,000
Kontrol	39,83	56,67	0,28	Rendah	

Berdasarkan hasil tes kemampuan kognitif, terdapat peningkatan skor pembelajaran yang signifikan pada kelompok eksperimen dibandingkan kelompok kontrol. Rata-rata nilai *posttest* kelompok eksperimen meningkat dari 44,67 menjadi 77,33 dengan N-Gain 0,58 (kategori sedang), sedangkan kelompok kontrol meningkat dari 39,83 menjadi 56,67 dengan N-Gain 0,28 (kategori rendah). Hasil uji Independent Samples t-test menunjukkan nilai signifikansi $p = 0,000 < 0,05$, yang berarti terdapat perbedaan

capaian belajar yang signifikan antara kedua kelompok.

Sebelum perlakuan diberikan, kedua kelas terlebih dahulu mengikuti pretest untuk mengukur pemahaman awal siswa terhadap materi laju reaksi. Kelas eksperimen (XI-G) memperoleh skor rata-rata sebesar 44,67, sementara kelas kontrol (XI-F) memperoleh rata-rata 39,83. Uji normalitas dan homogenitas yang dilakukan mengindikasikan bahwasanya hasil dari kedua kelompok memiliki distribusi normal dan varians yang homogen. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tingkat kompetensi awal peserta didik di kedua kelas berada pada kondisi yang sebanding.

Sesudah enam kali sesi pembelajaran, dilakukan posttest guna mengevaluasi peningkatan tingkat penguasaan materi peserta didik pasca perlakuan. Hasil evaluasi memperlihatkan adanya *disparitas* yang signifikan antar kedua kelompok. Kelas eksperimen memperoleh skor rata-rata sebesar 77,33, sedangkan kelas kontrol hanya mencapai rata-rata 56,67. Perbedaan nilai rata-rata posttest serta nilai signifikansi hasil uji statistik menunjukkan adanya peningkatan capaian belajar pada kedua kelompok dengan tingkat peningkatan yang berbeda.

Analisis kemajuan pencapaian belajar peserta didik dilakukan dengan memanfaatkan rumus N-Gain. Nilai rata-rata N-Gain pada kelas eksperimen tercatat sebesar 0,58 yang tergolong

dalam kategori sedang, sementara kelas kontrol hanya mencapai rata-rata 0,28 dan termasuk dalam kategori rendah.

Pengujian hipotesis dilaksanakan melalui analisis Independent Samples t-test untuk mengetahui adanya selisih signifikan dalam capaian pembelajaran antar kelompok perlakuan dan pembanding. Hasil pengujian mengindikasikan nilai signifikansi sebesar 0,000, yang berada di bawah ambang batas 0,05. Berdasarkan hal tersebut, hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, menandakan adanya perbedaan hasil belajar yang bermakna antar peserta

didik yang memperoleh pembelajaran melalui model PBL-STEM dengan mereka yang mengikuti model konvensional. Temuan ini mendukung asumsi bahwa penerapan model PBL-STEM memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan capaian belajar siswa pada materi laju reaksi.

Selain capaian kognitif, penelitian ini juga menunjukkan indikasi peningkatan *deep learning* pada kelompok eksperimen berdasarkan hasil observasi aktivitas siswa dan analisis jurnal refleksi, seperti yang ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3 ResUME Indikator *Deep learning* pada Kelompok Eksperimen dan Kontrol

Indikator <i>Deep learning</i>	Instrumen	Kelompok	Rata-rata Skor	Kategori	Perubahan
Pemahaman konseptual mendalam	Observasi aktivitas & jurnal refleksi	Eksperimen	3,5	Tinggi	+1,4
		Kontrol	2,1	Rendah	+0,3
Daya nalar kritis	Observasi berbasis rubrik	Eksperimen	3,6	Tinggi	+1,5
		Kontrol	2,0	Rendah	+0,2
Literasi sains	Angket skala Likert	Eksperimen	82,4% respon positif	Tinggi	+1,4
		Kontrol	48,3% respon positif	Sedang	+0,8

Sebagian besar siswa pada kelas eksperimen menunjukkan keterlibatan yang tinggi dalam diskusi ilmiah dan penyelidikan eksperimen terbuka. Berdasarkan lembar observasi, rata-rata skor daya nalar kritis siswa meningkat dari 2,1 (kategori rendah) menjadi 3,6 (kategori tinggi) pada skala 4,0. Siswa mampu mengemukakan hipotesis, menyusun argumen berdasarkan data, serta melakukan evaluasi terhadap

kesimpulan kelompok lain. Selain itu, respon angket literasi sains menunjukkan bahwa 82,4% siswa menyatakan pembelajaran berbasis PBL-STEM membantu mereka memahami hubungan konsep laju reaksi dengan konteks nyata, seperti penggunaan katalis dalam industri dan fenomena perubahan kimia dalam kehidupan sehari-hari. Contoh pernyataan reflektif siswa adalah:

“Melalui eksperimen katalis dan pengukuran waktu reaksi, saya baru memahami mengapa pabrik makanan menggunakan enzim untuk mempercepat produksi. Saya bisa menjelaskan alasannya dengan data dan grafik.”

Sementara itu, pada kelas kontrol, aktivitas pembelajaran didominasi oleh mendengarkan penjelasan guru dan latihan soal, dengan rata-rata skor observasi aktivitas berpikir kritis tetap rendah, yaitu 2,0 pada skala 4,0. Data ini menunjukkan fenomena keterlibatan siswa secara mendalam dalam proses ilmiah, yang memberikan konteks penting terhadap perbedaan capaian belajar yang ditunjukkan pada data kuantitatif.

2. Pembahasan

Temuan penelitian ini mengindikasikan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* yang terintegrasi dengan pendekatan STEM (PBL-STEM) mampu memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan capaian belajar siswa dalam materi laju reaksi. Hal ini tercermin dari perbedaan signifikan pada skor rata-rata posttest kelompok perlakuan (77,33) dengan kelompok pembanding (56,67), serta nilai N-Gain masing-masing 0,58 (kategori sedang) dan 0,28 (kategori rendah), yang menunjukkan bahwasanya strategi PBL-STEM efektif dalam memperkuat penguasaan konsep peserta didik.

Hasil uji hipotesis juga memperkuat temuan ini dengan ditolaknya H_0 , yang berarti terdapat perbedaan nyata antara pembelajaran menggunakan PBL-STEM dan pembelajaran konvensional.

Secara teoritis, model PBL-STEM berbasis konstruktivisme memberikan ruang kepada siswa untuk membangun pengetahuan secara aktif melalui keterlibatan langsung dalam penyelesaian masalah yang otentik. PBL memfasilitasi proses berpikir kritis dan kolaboratif (Fareza et al., 2024; Gunawan, et al., 2025; Rehman et al., 2024), sementara pendekatan STEM memperkuat hubungan antar-disiplin dan mendorong aplikasi konsep sains ke dalam konteks teknologi dan rekayasa (Arisa & Sitinjak, 2022; Tairas et al., 2025; Wati et al., 2024). Kombinasi keduanya menciptakan lingkungan belajar yang mendorong *deep learning* sebagaimana dikemukakan oleh Arisa & Sitinjak (2022), yakni pembelajaran yang bermakna, reflektif, dan berorientasi pada pemahaman konsep secara utuh.

Keberhasilan mendorong *deep learning* dalam penelitian ini tidak terlepas dari implementasi sistematis model PBL-STEM yang dilaksanakan dalam lima tahapan utama. Pertama, pada tahap orientasi dan identifikasi masalah, siswa dihadapkan pada fenomena kontekstual yang relevan dengan konsep laju reaksi, seperti mengapa buah yang dipotong cepat berubah warna atau bagaimana katalis

mempercepat reaksi dalam industri. Pemilihan masalah kontekstual ini memicu rasa ingin tahu dan mengaktifkan skemata awal siswa.

Kedua, pada tahap pengorganisasian belajar dan pembentukan tim proyek, siswa dibagi ke dalam kelompok dan didorong untuk menyusun pertanyaan-pertanyaan kunci. Dalam tahapan ini, terjadi aktivasi pengetahuan awal dan keterlibatan sosial dalam membangun pemahaman bersama. Ketiga, saat penyelidikan mandiri dan perancangan solusi berbasis STEM, siswa melakukan eksperimen sederhana untuk menguji peran suhu, luas permukaan, maupun katalis dalam memengaruhi kecepatan reaksi. Mereka juga merancang alat atau simulasi sederhana menggunakan pendekatan rekayasa untuk memperkuat pemahaman konseptual.

Keempat, pada tahap presentasi solusi dan komunikasi ilmiah, siswa mempresentasikan hasil proyek dan temuan mereka secara ilmiah di depan kelas. Aktivitas ini melatih kemampuan berpikir reflektif, mengembangkan argumentasi berbasis data, serta mengasah literasi sains dan komunikasi. Kelima, dalam tahap refleksi dan evaluasi, siswa menuliskan jurnal reflektif terkait proses yang telah dilalui, pembelajaran yang diperoleh, serta tantangan yang dihadapi.

Dukungan terhadap efektivitas model PBL-STEM juga diperoleh dari hasil observasi kelas. Siswa pada kelas eksperimen menunjukkan keterlibatan

aktif dalam diskusi kelompok, perencanaan eksperimen, dan presentasi hasil. Mereka tidak hanya mampu menjawab soal, tetapi juga menjelaskan alasan ilmiah di balik fenomena yang diamati. Berdasarkan lembar observasi dan indikator *deep learning*, sebagian besar siswa memenuhi kriteria: (1) terlibat secara aktif dalam eksplorasi ide dan refleksi, (2) mampu menjelaskan keterkaitan antar-konsep dalam laju reaksi, (3) menunjukkan kemampuan mentransfer pengetahuan ke konteks baru, dan (4) menunjukkan kepedulian terhadap proses belajar, bukan hanya hasil akhir.

Data dari observasi mendukung bahwa tahapan-tahapan tersebut secara nyata mengakomodasi *deep learning*. Misalnya, dalam indikator keterlibatan aktif, siswa kelas eksperimen aktif bertanya, mendiskusikan, dan membandingkan hasil eksperimen. Pada aspek pemahaman konseptual, siswa mampu menjelaskan bagaimana suhu memengaruhi energi kinetik partikel yang berujung pada perubahan kecepatan reaksi.

Dalam indikator transfer pengetahuan, siswa dapat mengaitkan prinsip laju reaksi dengan kasus-kasus dunia nyata, seperti pemrosesan makanan atau efisiensi bahan bakar. Jurnal reflektif siswa memperkuat hal ini, seperti pernyataan: "Saya jadi paham kenapa es batu lebih cepat mencair di air panas. Sekarang saya tahu ini berkaitan dengan energi partikel yang saling bertumbukan."

Salah satu siswa menulis, "Saya jadi lebih paham kenapa reaksi lebih cepat kalau dipanaskan. Ternyata bukan karena suhu tinggi semata, tapi karena partikel jadi lebih sering bertumbukan. Saya juga jadi suka belajar kimia karena praktiknya tidak membosankan." Siswa lain menuliskan, "Tugas proyeknya bikin saya belajar berpikir bareng teman, berdiskusi, dan berani ngomong di depan kelas."

Guru kimia yang menjadi mitra dalam penelitian ini juga menyampaikan bahwa pembelajaran berbasis proyek mampu memotivasi peserta didik untuk belajar bukan semata-mata demi memperoleh nilai, melainkan untuk membangun pemahaman konsep yang lebih mendalam. Guru menyatakan, "Siswa saya biasanya pasif kalau materi seperti ini, tapi selama pembelajaran berlangsung mereka aktif dan banyak bertanya. Bahkan siswa yang pendiam jadi mau menyampaikan pendapatnya karena merasa dilibatkan."

Komentar ini memperkuat data kuantitatif yang telah dianalisis sebelumnya. Secara praktis, model PBL-STEM menghadirkan pembelajaran yang lebih aplikatif dan kontekstual, sekaligus membangun iklim belajar yang kolaboratif. Model ini menstimulasi peserta didik untuk lebih dari sekadar memahami teori reaksi kimia, melainkan juga mengaitkan teori tersebut dengan kehidupan nyata, seperti peran katalis dalam industri makanan, pengaruh suhu dalam

penyimpanan bahan kimia, dan efisiensi energi dalam reaksi kimia. Pengalaman belajar ini lebih berkesan dan melekat dalam ingatan karena diperoleh melalui pengalaman langsung, bukan sekadar paparan materi. Ini selaras dengan profil pelajar Pancasila dan tuntutan Kurikulum Merdeka yang menekankan pentingnya pembelajaran melalui proyek dan pengalaman autentik.

Temuan ini diperkuat oleh penelitian Tarias et al. (2025) yang mengungkapkan bahwasanya penerapan strategi pengajaran PBL-STEM mampu memperkuat pemahaman konseptual, kemampuan menalar secara kritis, dan kreativitas peserta didik. Dukungan serupa juga ditunjukkan dalam penelitian Arisa & Sitinjak (2022) yang menyatakan bahwasanya pendekatan PBL-STEM efektif dalam menumbuhkan literasi sains dan pemahaman kimia melalui proyek berbasis eksperimen kontekstual. Pada kajian ini, peserta didik pada kelompok perlakuan terlibat aktif pada proyek penyelidikan terhadap berbagai variabel yang memengaruhi kecepatan reaksi, seperti temperatur, area permukaan, dan penggunaan katalis, melalui eksperimen sederhana berbasis alat dan bahan yang mudah dijangkau.

Model PBL-STEM terbukti bukan saja menunjukkan efektivitas dalam mendorong pencapaian hasil belajar peserta didik, melainkan pula mampu menumbuhkan proses *deep learning*

melalui keterlibatan aktif, kolaborasi, pemecahan masalah, dan refleksi. Penggunaan pendekatan ini sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan kegiatan belajar berbasis proyek, serta sangat relevan diterapkan di madrasah sebagai upaya membangun kompetensi sains yang kuat dan berakar pada nilai-nilai kontekstual.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, disimpulkan bahwa penerapan model *Problem Based Learning* yang terintegrasi dengan pendekatan STEM (PBL-STEM) efektif dalam meningkatkan capaian belajar peserta didik pada materi laju reaksi di MAN 1 Kota Malang, dibandingkan pembelajaran konvensional. Efektivitas tersebut tercermin pada perbedaan signifikan nilai posttest antara kelompok eksperimen (rerata 77,33; N-Gain 0,58 kategori sedang) dan kelompok kontrol (rerata 56,67; N-Gain 0,28 kategori rendah). Penelitian ini juga menemukan bahwa model PBL-STEM mampu mendorong terjadinya *deep learning*, yang ditunjukkan melalui peningkatan pemahaman konseptual, daya nalar kritis, dan literasi sains siswa

berdasarkan observasi aktivitas dan jurnal refleksi.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan: (1) pelaksanaan dilakukan dalam periode enam kali pertemuan sehingga belum dapat mengamati dampak jangka panjang; (2) desain kuasi eksperimen tidak sepenuhnya mengontrol faktor eksternal seperti variasi motivasi; dan (3) indikator *deep learning* diperoleh melalui observasi dan jurnal refleksi yang berpotensi subjektif.

Berdasarkan hasil dan keterbatasan tersebut, direkomendasikan agar guru kimia di Madrasah Aliyah mengimplementasikan model PBL-STEM secara berkelanjutan dengan dukungan evaluasi autentik berbasis proyek untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan pada topik kimia lainnya serta menggunakan instrumen pengukuran *deep learning* yang lebih kuat seperti portofolio digital dan analisis performa praktikum berbasis rubrik. Selain itu, penelitian lanjutan dapat dilakukan dalam jangka waktu lebih panjang untuk mengetahui stabilitas capaian *deep learning* siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisa, S., & Sitinjak, D. S. (2022). Implementation of the STEM-PBL Approach in Online Chemistry Learning and its Impact on Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 6(2), 88–96. <https://doi.org/10.23887/jPKI.v6i2.44317>
- Byusa, E., Kampire, E., & Mwesigye, A. R. (2022). Game-based learning approach on students' motivation and understanding of chemistry concepts: A systematic review of literature. *Heliyon*, 8(5), e09541.

Wawasan:

Jurnal Kediklatan Balai Diklat Keagamaan Jakarta

pISSN: 2548-9232; eISSN: 2775-3573

Volume 6 Nomor 2 Tahun 2025: 312-325

- <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09541>
- Fareza, F. S., Van Hayus, E. S., Ari Syahidul Shidiq, Sri Yamtinah, Mohammad Masykuri, Maria Ulfa, ... Bakti Mulyani. (2024). Problem-Based Learning Model on Students' Chemical Literacy and Critical Thinking on Reaction Rate Material. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 13(3), 426-435.
<https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v13i3.79331>
- Fitriani, A., & Santiani. (2025). Analisis Literatur: Pendekatan Pembelajaran Deep learning dalam Pendidikan. *Jurnal Ilmiah Nusantara (JINU)*, 2(3), 50-57. Retrieved from <https://doi.org/10.61722/jinu.v2i3.4357>
- Gunawan, H. S., Maylia, E. C., Amelia, A. P., & Anasta, N. D. C. (2025). Project-Based Learning (PBL) Model in Improving Critical Thinking of Elementary School Students in Indonesian Language Learning. *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Hasil Penelitian*, 11(1), 86-100.
- Herlinawati, H., Marwa, M., Ismail, N., Junaidi, Liza, L. O., & Situmorang, D. D. B. (2024). The integration of 21st century skills in the curriculum of education. *Heliyon*, 10(15), e35148. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35148>
- Jelita, J., & Nuraida, N. (2023). The Effect of a Scientific Approach Based on Problem Based Learning Models on Students Science Problem Solving Skills at Madrasah Ibtidaiyah. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(4), 755-766.
<https://doi.org/10.24815/jpsi.v11i4.31734>
- Jumhur, A. A., Avianti, R. A., Nurfitri, P. E., & Mahir, I. (2024). Implementation of Problem-based Learning to Improve Critical Thinking Ability of Vocational Students in Jakarta. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5(5), 16-24.
- Kusumadani, A. I., Affandy, H., Sunarno, W., Suryana, R., & Andien, R. Z. (2024). Novel Approach in Enhanching Science Education Through Problem-Based Creative Learning and Delphi Evaluation. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(4), 668-679. <https://doi.org/10.15294/jpii.v13i4.852>
- Langitasari, I., & Robandi, B. (2023). Analysis of The Student's Ability to Interconnect Macro-Submicro-Symbolic Representation on Electrolyte Solution Concept. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 8(1), 84.
<https://doi.org/10.30870/educhemia.v8i1.19974>
- Liu, Y., & Pásztor, A. (2022). Effects of problem-based learning instructional intervention on critical thinking in higher education: A meta-analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 45(December 2021). <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101069>
- Miller, E. C., & Krajcik, J. S. (2019). Promoting deep learning through project-based learning: a design problem. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0009-6>
- Rehman, N., Huang, X., Mahmood, A., AlGerafi, M. A. M., & Javed, S. (2024). Project-based learning as a catalyst for 21st-Century skills and student engagement in the math classroom. *Heliyon*, 10(23), e39988.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39988>
- Sari, W. K., Supriatna, A., & Hendayana, S. (2019). Analysis of students difficulties based on respondents ability test on the topic of factors affecting reaction rate. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042032>

Wawasan:

Jurnal Kediklatan Balai Diklat Keagamaan Jakarta

P-ISSN: 2548-9232; E-ISSN: 2775-3573

Volume 6 Nomor 2 Tahun 2025: 312-325

Sofiatunnisa, U., & Adirakasiwi, A. G. (2025). Analysis of Students' Ability To Identify Symbolic. *EMTEKA: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1), 7-10.

Tairas, N., Rohaeti, E., Prodjosantoso, A. K., Ikhsan, J., & Ningthias, D. P. (2025). STEM-Integrated Problem-Based Learning in Green Chemistry to Enhance Chemical Literacy and Scientific Attitudes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(3), 615-626. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i3.10666>

Tong, D. H., Uyen, B. P., & Ngan, L. K. (2022). The effectiveness of blended learning on students' academic achievement, self-study skills and learning attitudes: A quasi-experiment study in teaching the conventions for coordinates in the plane. *Helijon*, 8(12), e12657. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2022.e12657>

Wati, P., Nusantara, T., & Utama, C. (2024). Efektivitas PjBL-STEM Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa Sekolah Dasar. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 7(2), 126-143. <https://doi.org/10.37329/cetta.v7i2.3264>