

Pengaruh Model Project Based Learning Terintegrasi STEAM Terhadap Aktivitas dan Hasil Belajar Kimia Siswa Pada Materi Laju reaksi

¹Miranda Putri Anggiani Sitorus, ²Jasmidi

¹Prodi Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Jalan Willem Iskandar Pasar V Medan Estate, Indonesia

*Correspondence e-mail: mirandasitorusputri@gmail.com

Diterima: Maret 2026; Revisi: Maret 2026; Diterbitkan: Juni 2026

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEAM terhadap aktivitas belajar dan hasil belajar siswa pada materi laju reaksi, serta mengkaji hubungan antara kedua variabel tersebut. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi experiment* tipe *nonequivalent control group design*. Sampel penelitian terdiri dari dua kelas XI dengan jumlah total 72 siswa, yang dibagi menjadi kelas eksperimen dan kelas kontrol. Instrumen penelitian meliputi tes pilihan ganda untuk mengukur hasil belajar dan lembar observasi untuk menilai aktivitas belajar siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas belajar siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, dengan perbedaan yang signifikan secara statistik. Selain itu, rata-rata hasil belajar posttest siswa pada kelas eksperimen juga lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, dengan nilai signifikansi $< 0,05$ dan nilai *effect size* sebesar 0,924 yang termasuk kategori besar. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat antara aktivitas belajar dan hasil belajar siswa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan model PjBL terintegrasi STEAM efektif dalam meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa, serta berkontribusi terhadap pembelajaran yang lebih aktif, kontekstual, dan bermakna pada materi laju reaksi.

Kata kunci: Project Based Learning, STEAM, aktivitas belajar, hasil belajar, laju reaksi

The Influence of PjBL - STEAM on Student Activities and Learning Outcomes on the Reaction Rate Material

Abstract

This study aims to analyze the effect of the STEAM-integrated Project Based Learning (PjBL) model on students' learning activities and learning outcomes in reaction rate material, as well as to examine the relationship between these two variables. The research employed a quantitative approach with a quasi-experimental design using a nonequivalent control group design. The sample consisted of 72 eleventh-grade students divided into an experimental class and a control class. The instruments used were a multiple-choice test to measure learning outcomes and an observation sheet to assess students' learning activities. The results showed that students' learning activities in the experimental class were higher than those in the control class, with a statistically significant difference. In addition, the average posttest score of students in the experimental class was higher than that of the control class, with a significance value of < 0.05 and an effect size of 0.924, which falls into the large category. The correlation analysis also revealed a strong positive relationship between learning activities and learning outcomes. Therefore, it can be concluded that the implementation of STEAM-integrated PjBL is effective in improving students' learning activities and learning outcomes, as well as fostering more active, contextual, and meaningful learning in reaction rate material.

Keywords: Project Based Learning, STEAM, learning activities, learning outcomes, reaction rate

How to Cite: Sitorus, M. P. A., & Jasmidi, J. (2026). Pengaruh PjBL-STEAM Terhadap Aktivitas dan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Laju reaksi. *Reflection Journal*, 6(1), 142-156. <https://doi.org/10.36312/c5tnmj85>



<https://doi.org/10.36312/c5tnmj85>

Copyright© 2026, Sitorus & Jasmidi

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Pembelajaran kimia di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) hingga saat ini masih menghadapi berbagai tantangan mendasar, khususnya pada materi yang bersifat abstrak dan menuntut kemampuan penalaran konseptual yang tinggi, seperti topik laju reaksi. Materi ini tidak hanya menuntut siswa untuk memahami fenomena yang dapat diamati secara makroskopik, tetapi juga mengharuskan mereka menafsirkan proses pada tingkat submikroskopik serta mengaitkannya dengan representasi simbolik dan matematis, seperti grafik laju reaksi, persamaan laju, serta pengaruh faktor-faktor seperti konsentrasi, suhu, luas permukaan, dan katalis. Kompleksitas tersebut seringkali menjadi hambatan bagi siswa dalam membangun pemahaman yang menyeluruh dan stabil.

Dalam praktik pembelajaran di kelas, permasalahan ini semakin diperparah oleh dominannya penggunaan metode konvensional yang berpusat pada guru, keterbatasan kegiatan praktikum, serta kurangnya pengalaman belajar yang mengaitkan konsep kimia dengan situasi nyata, pemecahan masalah, dan aktivitas penyelidikan yang bermakna. Akibatnya, keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran menjadi rendah, yang berdampak pada kurang optimalnya hasil belajar, terutama pada materi yang memerlukan keterlibatan kognitif dan kemampuan representasional yang tinggi.

Permasalahan tersebut juga tercermin dari hasil observasi dan wawancara yang dilakukan di SMAN 15 Medan. Data menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan kurikulum dengan praktik pembelajaran yang berlangsung di kelas, khususnya pada materi laju reaksi. Pembelajaran yang berlangsung belum sepenuhnya mendukung penguatan aktivitas belajar maupun konstruksi pemahaman siswa secara optimal. Pertama, metode pembelajaran masih didominasi oleh ceramah dan hafalan, sehingga siswa cenderung pasif dan kurang diberi kesempatan untuk mengeksplorasi konsep secara mandiri. Hal ini berpotensi menyebabkan pemahaman siswa menjadi dangkal, padahal materi laju reaksi menuntut keterkaitan antara berbagai level representasi.

Kedua, keterlibatan siswa dalam kegiatan praktikum masih rendah akibat keterbatasan sarana laboratorium. Kondisi ini menyebabkan pembelajaran lebih banyak bersifat teoritis, sehingga siswa kehilangan kesempatan untuk mengembangkan keterampilan ilmiah seperti mengamati, mengukur, menganalisis data, dan menarik kesimpulan berdasarkan pengalaman langsung. Ketiga, adanya kendala manajerial seperti sistem pergantian guru (*rolling teacher*) yang cukup sering mengganggu kesinambungan pembelajaran. Siswa harus beradaptasi dengan gaya mengajar yang berbeda-beda, sementara penyampaian materi tidak selalu berlangsung secara utuh. Hal ini menyebabkan pemahaman konsep menjadi terfragmentasi dan berdampak pada rendahnya capaian belajar siswa.

Kondisi tersebut diperkuat oleh data hasil belajar siswa kelas XI pada tahun ajaran sebelumnya yang menunjukkan bahwa sekitar 70% siswa belum mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) dengan standar nilai 75. Temuan ini mengindikasikan perlunya inovasi dalam pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada peningkatan hasil belajar, tetapi juga pada peningkatan aktivitas belajar siswa secara aktif dan bermakna.

Dalam konteks pendidikan sains modern, kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan pembelajaran yang tidak sekadar menyampaikan materi, tetapi juga mampu menciptakan pengalaman belajar yang aktif, kolaboratif, kontekstual, dan bermakna. Salah satu pendekatan yang relevan adalah *Project Based Learning* (PjBL) yang diintegrasikan dengan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Secara konseptual, PjBL menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran yang aktif melalui kegiatan penyelidikan, perancangan proyek, pelaksanaan, dan presentasi hasil. Sementara itu, pendekatan STEAM memperluas cakupan pembelajaran

dengan mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk menyelesaikan permasalahan nyata secara kreatif dan reflektif.

Integrasi PjBL dan STEAM berpotensi menciptakan pengalaman belajar yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan abad ke-21 seperti kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan STEAM-PjBL efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa melalui penggunaan pertanyaan pemantik, tugas autentik, serta aktivitas kolaboratif sebagai inti pembelajaran (Diego-Mantecón et al., 2021; Hawari & Noor, 2020; Markula & Aksela, 2022; Torres et al., 2023). Dengan demikian, pendekatan ini dinilai relevan untuk menjawab tantangan pembelajaran kimia yang membutuhkan keterlibatan aktif siswa.

Meskipun demikian, implementasi PjBL terintegrasi STEAM dalam pembelajaran kimia masih menyisakan sejumlah persoalan yang perlu dikaji lebih lanjut. Sebagian besar penelitian sebelumnya menunjukkan hasil positif secara umum, baik dalam meningkatkan keterlibatan maupun hasil belajar siswa, namun belum banyak yang secara khusus mengkaji karakteristik materi kimia yang kompleks seperti laju reaksi. Materi ini tidak hanya membutuhkan pemahaman konsep, tetapi juga kemampuan berpindah antar representasi, mulai dari fenomena nyata hingga model partikel dan representasi matematis.

Oleh karena itu, penting untuk merumuskan permasalahan penelitian secara lebih spesifik, yaitu apakah model PjBL terintegrasi STEAM efektif dalam meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa pada materi laju reaksi, serta bagaimana hubungan antara aktivitas belajar dengan hasil belajar yang diperoleh siswa.

Rumusan masalah ini didukung oleh berbagai kajian literatur. Diego-Mantecón et al. (2021) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek STEAM mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih kaya melalui integrasi lintas disiplin. Markula dan Aksela (2022) menekankan pentingnya keterlibatan siswa dalam investigasi dan kolaborasi dalam pembelajaran berbasis proyek. Sementara itu, Torres et al. (2023) menegaskan bahwa desain pembelajaran STEAM-PBL harus terstruktur agar mampu mencapai tujuan akademik secara optimal.

Dalam konteks kimia, Rahmawati et al. (2021) menunjukkan bahwa integrasi STEAM dapat meningkatkan pemahaman konseptual pada materi termokimia, sedangkan Sugiarti et al. (2023, 2024) menemukan bahwa pendekatan ini berpengaruh terhadap hasil belajar pada materi koloid. Pangestu et al. (2024) juga melaporkan bahwa PjBL dapat meningkatkan hasil belajar, kreativitas, dan motivasi siswa.

Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut belum secara khusus membahas materi laju reaksi yang memiliki tingkat kompleksitas lebih tinggi. Selain itu, kajian terkait penggunaan media representasional seperti simulasi dan visualisasi dalam konteks PjBL-STEAM masih terbatas. Liu dan Barton (2017), Schell (n.d.), serta Shuja (2025) menunjukkan bahwa belum terdapat kesepakatan mengenai alat representasional yang paling efektif untuk membantu siswa memahami konsep laju reaksi.

Keterbatasan lain juga terlihat pada aspek implementasi dan asesmen. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran STEAM memiliki validitas yang baik, namun kajian mengenai kesiapan guru, ketersediaan sumber daya, serta keberlanjutan implementasi masih terbatas (Indriastuti, 2025; Prayitno et al., 2024; Salame & Nazir, 2019). Padahal, keberhasilan penerapan model pembelajaran sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada fokusnya yang spesifik pada penerapan PjBL terintegrasi STEAM pada materi laju reaksi, dengan mengkaji tidak hanya hasil belajar tetapi juga aktivitas belajar serta hubungan antara

keduanya. Hal ini menjadi pembeda utama dibandingkan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada satu aspek tertentu.

Sejalan dengan itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis pengaruh PjBL terintegrasi STEAM terhadap aktivitas belajar siswa; (2) menganalisis pengaruhnya terhadap hasil belajar siswa; (3) mengkaji hubungan antara aktivitas belajar dan hasil belajar; serta (4) memberikan gambaran empiris mengenai efektivitas pendekatan PjBL-STEAM dalam pembelajaran kimia yang kontekstual dan bermakna. Ruang lingkup penelitian ini difokuskan pada siswa kelas XI SMA, materi laju reaksi, serta variabel aktivitas dan hasil belajar sebagai fokus utama analisis.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis *quasi-experimental research* untuk mengkaji pengaruh penerapan model pembelajaran terhadap aktivitas dan hasil belajar siswa. Desain penelitian yang digunakan adalah *Nonequivalent Control Group Design*, yaitu melibatkan dua kelompok, yakni kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, yang masing-masing diberikan pretest sebelum perlakuan dan posttest setelah perlakuan. Desain ini dipilih untuk memungkinkan perbandingan perubahan hasil belajar antara kedua kelompok setelah proses pembelajaran berlangsung. Dalam penelitian ini, variabel bebas adalah model *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEAM, sedangkan variabel terikat meliputi aktivitas belajar dan hasil belajar siswa pada materi laju reaksi. Sementara itu, variabel kontrol yang dijaga mencakup kesamaan materi pembelajaran, guru pengajar, serta alokasi waktu, sehingga perbedaan hasil yang diperoleh dapat lebih terfokus pada pengaruh perlakuan.

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 15 Medan yang berlokasi di Jalan Sekolah Pembangunan No. 7, Kelurahan Sunggal, Kecamatan Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara. Pelaksanaan penelitian berlangsung pada semester genap tahun ajaran 2025/2026, yaitu mulai September 2025 hingga Februari 2026. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI yang berjumlah 426 siswa dan tersebar dalam 12 kelas. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *random sampling*, sehingga setiap kelas memiliki peluang yang sama untuk dipilih. Hasilnya, diperoleh dua kelas sebagai sampel, yaitu kelas XI-Einstein (36 siswa) sebagai kelas eksperimen dan kelas XI-Archimedes (36 siswa) sebagai kelas kontrol, dengan total sampel sebanyak 72 siswa.

Instrumen penelitian terdiri dari instrumen tes dan non-tes. Instrumen tes berupa soal pilihan ganda digunakan untuk mengukur hasil belajar siswa, sedangkan instrumen non-tes berupa lembar observasi digunakan untuk menilai aktivitas belajar siswa selama pembelajaran. Soal tes disusun berdasarkan indikator materi laju reaksi dan telah melalui proses validasi oleh ahli serta uji coba kepada 47 siswa di luar sampel penelitian. Analisis menggunakan program Anates menunjukkan bahwa dari 40 soal yang diuji, sebanyak 20 soal dinyatakan valid dan layak digunakan, dengan reliabilitas tinggi, tingkat kesukaran bervariasi, serta daya pembeda yang umumnya berada pada kategori cukup. Sementara itu, lembar observasi aktivitas mencakup indikator kerja sama, keseriusan, tanggung jawab, keberanian bertanya, dan kemampuan menjawab pertanyaan, yang kemudian dikonversi dalam bentuk persentase dan dikategorikan ke dalam tingkat pencapaian tertentu.

Prosedur penelitian diawali dengan pemberian pretest kepada kedua kelas untuk mengukur kemampuan awal siswa. Selanjutnya, kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa pembelajaran dengan model PjBL terintegrasi STEAM yang melibatkan tahapan identifikasi masalah, perancangan proyek, pelaksanaan secara kolaboratif, serta presentasi hasil. Sementara itu, kelas kontrol mengikuti pembelajaran konvensional yang lebih berfokus pada ceramah, diskusi, dan penugasan. Setelah proses pembelajaran

selesai, kedua kelas diberikan posttest untuk mengukur peningkatan hasil belajar. Selama pembelajaran berlangsung, aktivitas siswa juga diamati menggunakan lembar observasi.

Analisis data dilakukan secara bertahap, diawali dengan uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk dan uji homogenitas untuk memastikan kesamaan varians. Setelah memenuhi prasyarat, perbedaan aktivitas dan hasil belajar dianalisis menggunakan *independent sample t-test* pada taraf signifikansi 0,05. Selanjutnya, hubungan antara aktivitas belajar dan hasil belajar dianalisis menggunakan korelasi Pearson Product Moment dan dibandingkan dengan nilai r tabel untuk menentukan signifikansi hubungan tersebut.

HASIL DAN DISKUSI

Aktivitas Belajar Siswa

Aktivitas belajar siswa diukur menggunakan lembar observasi yang mencakup beberapa indikator, yaitu partisipasi dalam diskusi kelompok, keaktifan dalam bertanya, kemampuan mengemukakan pendapat, kerja sama dalam kelompok, serta keterlibatan dalam penyelesaian proyek pembelajaran. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis untuk mengetahui tingkat aktivitas belajar siswa pada masing-masing kelas.

Dalam penelitian ini, lembar observasi digunakan untuk mengamati aktivitas belajar siswa yang dilakukan oleh dua orang observer selama proses pembelajaran berlangsung, baik pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Hasil pengamatan dari kedua observer tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai rata-rata aktivitas belajar siswa. Adapun data hasil observasi aktivitas belajar siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Hasil Observasi Aktivitas Belajar Siswa

Kelas	Sumber Data	Nilai	Rata-rata
Kelas Kontrol	Observer 1	75,89	75,67
	Observer 2	75,46	
Kelas Eksperimen	Observer 1	83,20	83,76
	Observer 2	84,31	

Berdasarkan Tabel 1, aktivitas belajar siswa pada kelas eksperimen menunjukkan rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Pada kelas kontrol, nilai dari observer 1 sebesar 75,89 dan observer 2 sebesar 75,46, dengan rata-rata 75,67 yang tergolong cukup aktif. Sementara itu, kelas eksperimen memperoleh nilai 83,20 dari observer 1 dan 84,31 dari observer 2, dengan rata-rata 83,76 yang termasuk kategori aktif.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa perlakuan pembelajaran pada kelas eksperimen mampu meningkatkan aktivitas siswa. Keterlibatan dalam diskusi, keberanian bertanya, serta kerja sama kelompok tampak lebih baik. Selain itu, konsistensi penilaian antarobserver memperkuat keandalan data, sehingga dapat disimpulkan bahwa pembelajaran pada kelas eksperimen lebih efektif dalam meningkatkan aktivitas belajar siswa.

Uji Normalitas Aktivitas Belajar Siswa

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dari masing-masing variabel penelitian memiliki distribusi yang normal atau tidak. Pengujian ini merupakan salah satu syarat penting sebelum melakukan analisis statistik parametrik. Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 27.0 for Windows menggunakan metode Shapiro-Wilk. Hasil uji normalitas aktivitas belajar siswa disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Aktivitas Belajar Siswa

Aktivitas Belajar Siswa	Kelas	Statistic	Df	Sig
	Kelas Eksperimen	0,946	35	0,133
	Kelas Kontrol	0,952	35	0,83

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 2, diketahui bahwa nilai signifikansi (Sig.) untuk kelas eksperimen sebesar 0,133, sedangkan untuk kelas kontrol sebesar 0,83. Kedua nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan taraf signifikansi yang digunakan, yaitu $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data aktivitas belajar siswa pada kedua kelas, baik kelas eksperimen yang menggunakan model pembelajaran *project based learning* terintegrasi STEAM maupun kelas kontrol yang menggunakan model pembelajaran konvensional, berdistribusi normal. Hal ini menunjukkan bahwa data memenuhi salah satu asumsi penting dalam analisis statistik parametrik, sehingga dapat dilanjutkan ke tahap pengujian berikutnya.

Uji Homogenitas Aktivitas Belajar Siswa

Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah varians dari dua kelompok data yang dibandingkan memiliki kesamaan atau tidak. Kesamaan varians ini penting untuk memastikan bahwa kedua kelompok berasal dari populasi yang homogen, sehingga hasil analisis perbandingan menjadi lebih valid. Dalam penelitian ini, uji homogenitas dilakukan menggunakan uji Levene dengan bantuan SPSS versi 27.0. Hasil pengujian homogenitas aktivitas belajar siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas Aktivitas Belajar Siswa

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Aktivitas Belajar Siswa	Based on Mean	.622	1	68	.433
	Based on Median	.621	1	68	.433
	Based on Median and with adjusted df	.621	1	68.000	.433
	Based on trimmed mean	.612	1	68	.433

Berdasarkan hasil uji homogenitas pada Tabel 3, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,433. Nilai ini lebih besar dari taraf signifikansi $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data aktivitas belajar siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol bersifat homogen. Dengan kata lain, kedua kelompok memiliki tingkat variasi data yang relatif sama. Hasil ini menunjukkan bahwa data telah memenuhi asumsi homogenitas, yang merupakan salah satu prasyarat dalam penggunaan uji statistik parametrik seperti uji t. Oleh karena itu, analisis selanjutnya dapat dilakukan tanpa adanya pelanggaran asumsi dasar statistik.

Uji Hipotesis Aktivitas Belajar Siswa (Uji t)

Setelah data dinyatakan berdistribusi normal dan homogen, langkah berikutnya adalah melakukan uji hipotesis untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh perlakuan yang diberikan. Pengujian hipotesis dalam penelitian ini dilakukan menggunakan uji *Independent Samples t-test* melalui bantuan SPSS versi 27.0 dengan taraf signifikansi (α) sebesar 0,05. Kriteria pengambilan keputusan adalah apabila nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05 maka hipotesis nol (H_0) diterima dan hipotesis alternatif (H_a) ditolak. Sebaliknya, jika nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Uji hipotesis ini bertujuan untuk menjawab rumusan masalah utama, yaitu apakah terdapat pengaruh penerapan model pembelajaran *project based learning* terintegrasi

STEAM terhadap aktivitas belajar siswa pada materi laju reaksi. Hasil pengujian hipotesis disajikan pada Tabel 4.

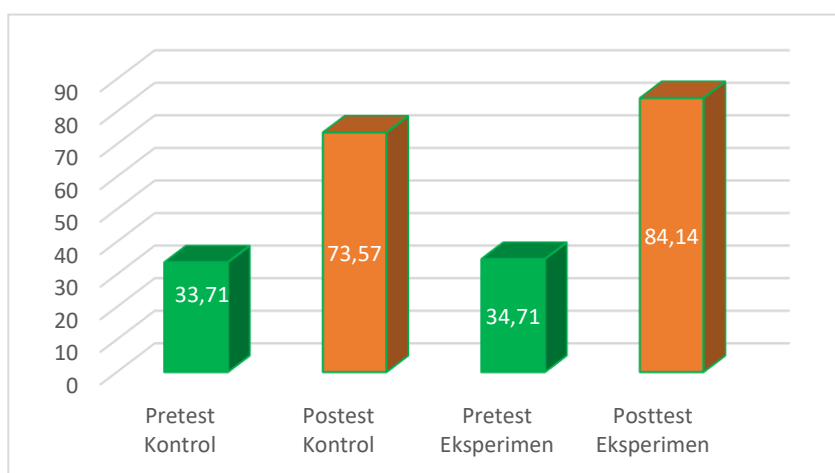
Tabel 4. Hasil Uji Hipotesis I (Independent Samples Test)

Independent Samples Test		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)
Aktivitas Belajar Siswa	Equal variances assumed	.622	.433	-3.880	68	<.000
	Equal variances not assumed			-3.880	67.402	<.000

Berdasarkan Tabel 4, nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar <0,000 lebih kecil dari 0,05, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan aktivitas belajar antara kelas eksperimen dan kontrol. Aktivitas siswa pada kelas dengan model PjBL terintegrasi STEAM lebih tinggi, karena memberi peluang keterlibatan aktif melalui diskusi, eksplorasi, dan kerja kolaboratif. Dengan demikian, model ini terbukti berpengaruh positif terhadap aktivitas belajar siswa.

Hasil Belajar Siswa

Hasil belajar siswa diukur melalui tes berbentuk soal pilihan ganda yang diberikan pada dua tahap, yaitu pretest dan posttest. Penggunaan kedua jenis tes ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan awal siswa sebelum pembelajaran serta peningkatan hasil belajar setelah diberikan perlakuan. Rata-rata hasil belajar siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai Rata-rata Hasil Belajar Siswa

Berdasarkan data pada gambar tersebut, terlihat bahwa rata-rata nilai posttest siswa pada kelas eksperimen mencapai 84,14, sedangkan pada kelas kontrol sebesar 73,57. Perbedaan ini menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar yang lebih tinggi pada kelas eksperimen dibandingkan dengan kelas kontrol.

Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran yang diterapkan pada kelas eksperimen memberikan dampak positif terhadap pemahaman siswa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar antara siswa yang mengikuti

pembelajaran pada kelas eksperimen dan siswa pada kelas kontrol, di mana kelas eksperimen menunjukkan hasil yang lebih baik.

Uji Normalitas Hasil Belajar Siswa

Uji normalitas data dilakukan menggunakan bantuan program SPSS versi 27 melalui uji Shapiro-Wilk dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah data hasil belajar siswa memiliki distribusi normal atau tidak. Kriteria pengambilan keputusan adalah apabila nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05, maka data dinyatakan berdistribusi normal. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas Hasil Belajar Siswa

Hasil Belajar Siswa	Kelas	Statistic	Df	Sig.
	Pretest (Kontrol)	0,968	35	0,380
	Posttest (Kontrol)	0,943	35	0,068
	Pretest (Eksperimen)	0,948	35	0,099
	Posttest (Eksperimen)	0,955	35	0,164

Berdasarkan data pada Tabel 5, diketahui bahwa nilai signifikansi pada kelas kontrol untuk pretest sebesar 0,380 dan posttest sebesar 0,068. Kedua nilai tersebut lebih besar dari α (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil belajar siswa pada kelas kontrol berdistribusi normal.

Selanjutnya, pada kelas eksperimen yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM, diperoleh nilai signifikansi pretest sebesar 0,099 dan posttest sebesar 0,164. Nilai tersebut juga lebih besar dari α (0,05), yang menunjukkan bahwa data hasil belajar siswa pada kelas eksperimen berdistribusi normal. Seluruh data hasil belajar siswa, baik pada kelas kontrol maupun kelas eksperimen, telah memenuhi asumsi normalitas sehingga layak untuk digunakan dalam analisis statistik selanjutnya.

Uji Homogenitas Hasil Belajar Siswa

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dari kedua kelompok penelitian memiliki varians yang sama atau bersifat homogen. Pengujian ini penting sebagai salah satu prasyarat dalam analisis statistik parametrik, khususnya sebelum dilakukan uji hipotesis menggunakan uji t. Dalam penelitian ini, uji homogenitas dilakukan menggunakan uji Levene dengan bantuan program SPSS versi 27.0 for Windows, dengan taraf signifikansi yang digunakan sebesar $\alpha = 0,05$. Hasil uji homogenitas hasil belajar siswa dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Uji Homogenitas Hasil Belajar Siswa

Test of Homogeneity of Variance	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	2,360	1	68	0,129
Based on Median	2,012	1	68	0,161
Based on Median (Adjusted df)	2,012	1	58,431	0,161
Based on Trimmed Mean	2,120	1	68	0,150

Berdasarkan data pada Tabel 6, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,129 pada pengujian berdasarkan mean. Nilai ini lebih besar dari taraf signifikansi yang telah ditetapkan, yaitu $\alpha = 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa varians data hasil belajar siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah sama atau homogen. Data hasil belajar dari kedua kelas memiliki tingkat variasi yang relatif setara. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sampel penelitian berasal dari populasi yang homogen, sehingga memenuhi salah satu asumsi penting dalam analisis statistik parametrik. Oleh karena itu, data hasil belajar siswa layak untuk dilanjutkan pada tahap pengujian hipotesis menggunakan uji statistik yang sesuai.

Uji Hipotesis Hasil Belajar Siswa

Pengujian hipotesis hasil belajar siswa dilakukan menggunakan *Independent Samples t-test* melalui SPSS versi 27.0 dengan taraf signifikansi (α) 0,05. Kriteria pengambilan keputusan adalah jika nilai Sig. > 0,05 maka H_0 diterima dan H_a ditolak, sedangkan jika Sig. < 0,05 maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Hasil analisis menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 (< 0,05), sehingga H_0 ditolak. Dengan demikian, terdapat perbedaan signifikan hasil belajar antara kedua kelas, di mana kelas dengan model PjBL-STEAM memiliki hasil belajar lebih tinggi dibandingkan kelas konvensional.

Tabel 7. Hasil Uji Hipotesis II (Independent Samples Test)

		Independent Samples Test				
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)
Hasil Belajar Siswa	Equal variances assumed	2.360	.129	-3.865	68	<.000
	Equal variances not assumed			-3.865	60.839	<.000

Selanjutnya, untuk mengetahui tingkat efektivitas penerapan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM terhadap hasil belajar siswa, dilakukan perhitungan *effect size* menggunakan rumus Cohen's d. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *effect size* sebesar 0,924. Nilai ini termasuk dalam kategori besar menurut kriteria Cohen.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan model PjBL terintegrasi STEAM memiliki pengaruh yang kuat terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Dengan kata lain, model pembelajaran ini tidak hanya memberikan perbedaan yang signifikan secara statistik, tetapi juga memiliki dampak praktis yang tinggi dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi laju reaksi. Oleh karena itu, model PjBL terintegrasi STEAM dapat dikatakan efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

Uji Korelasi

Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara aktivitas belajar siswa dengan hasil belajar siswa. Selain itu, uji ini juga bertujuan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antar kedua variabel tersebut. Nilai koefisien korelasi berada pada rentang -1 hingga +1 ($-1 < r < +1$), di mana semakin mendekati +1 menunjukkan hubungan yang semakin kuat dan searah, sedangkan semakin mendekati -1 menunjukkan hubungan yang kuat namun berlawanan arah.

Dalam penelitian ini, uji korelasi menggunakan teknik Pearson Correlation dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 27.0. Pengujian signifikansi dilakukan dengan membandingkan nilai r hitung dengan r tabel pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Kriteria pengambilan keputusan adalah jika r hitung > r tabel, maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima. Hasil uji korelasi disajikan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil Uji Korelasi

Correlations		Aktivitas Siswa	Belajar	Hasil Siswa	Belajar
Aktivitas Belajar Siswa	Pearson Correlation		1		.794**
	Sig. (2-tailed)				<.000
	N		35		35
Hasil Belajar Siswa	Pearson Correlation		.794**		1
	Sig. (2-tailed)		<.000		
	N		35		35

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 8, diperoleh nilai koefisien korelasi (r hitung) sebesar 0,794. Sementara itu, nilai r tabel pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan jumlah sampel ($N = 35$) adalah sebesar 0,334. Karena nilai r hitung lebih besar daripada r tabel ($0,794 > 0,334$), maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara aktivitas belajar siswa dengan hasil belajar siswa. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,794 menunjukkan bahwa hubungan tersebut berada pada kategori kuat dan bersifat positif. Artinya, semakin tinggi aktivitas belajar siswa, maka semakin tinggi pula hasil belajar yang diperoleh. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas belajar memiliki kontribusi penting dalam meningkatkan hasil belajar siswa, khususnya pada pembelajaran yang menggunakan model *project based learning* terintegrasi STEAM.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi dengan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) memberikan dampak yang positif terhadap aktivitas belajar maupun hasil belajar siswa pada materi laju reaksi. Temuan ini menegaskan bahwa pembelajaran yang berpusat pada siswa, yang melibatkan mereka secara aktif dalam proses penyelidikan, kolaborasi, dan penyelesaian masalah, mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dibandingkan dengan pendekatan pembelajaran konvensional.

Peningkatan aktivitas belajar siswa pada kelas eksperimen terlihat secara nyata melalui perbedaan rata-rata aktivitas dibandingkan dengan kelas kontrol. Selain itu, hasil uji statistik juga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa penerapan PjBL terintegrasi STEAM mendorong keterlibatan siswa secara lebih intens dalam proses pembelajaran. Dalam konteks ini, siswa tidak lagi berperan sebagai penerima informasi secara pasif, tetapi menjadi subjek aktif yang terlibat dalam diskusi kelompok, perencanaan proyek, eksplorasi ide, serta penyajian hasil kerja. Perubahan ini menunjukkan adanya pergeseran paradigma pembelajaran dari *teacher-centered* menuju *student-centered learning*.

Temuan tersebut sejalan dengan berbagai penelitian terdahulu yang menekankan efektivitas pendekatan STEAM-PBL dalam meningkatkan keterlibatan siswa. Diego-Mantecón et al. (2021), Torres et al. (2023), Hawari dan Noor (2020), serta Markula dan Aksela (2022) mengungkapkan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi STEAM memberikan ruang bagi siswa untuk membangun pengetahuan secara aktif melalui proses *inquiry*, desain, dan produksi artefak pembelajaran. Dalam penelitian ini, perbedaan aktivitas antara kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak hanya mencerminkan perbedaan angka, tetapi juga menunjukkan perbedaan karakteristik lingkungan belajar. Pada kelas eksperimen, siswa dihadapkan pada permasalahan nyata yang harus dipecahkan secara kolaboratif, sementara pada kelas kontrol pembelajaran cenderung bersifat satu arah.

Selain itu, peningkatan aktivitas belajar juga tidak terlepas dari kualitas implementasi pembelajaran di kelas. Sun (2023), Yang et al. (2021), Zhou et al. (2025), serta Goagoses et al. (2022) menegaskan bahwa keberhasilan model STEAM-PBL sangat

dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti peran guru sebagai fasilitator, kejelasan struktur tugas, serta dukungan *scaffolding* selama proses pembelajaran. Dengan demikian, peningkatan aktivitas belajar dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai hasil interaksi antara desain model pembelajaran yang inovatif dan pelaksanaannya yang efektif di kelas.

Sejalan dengan peningkatan aktivitas belajar, hasil penelitian juga menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar siswa pada kelas eksperimen. Rata-rata nilai posttest pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol, dan hasil uji hipotesis menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Selain itu, nilai *effect size* yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa model PjBL terintegrasi STEAM tidak hanya memberikan perbedaan yang signifikan secara statistik, tetapi juga memiliki dampak praktis yang cukup kuat terhadap peningkatan hasil belajar siswa.

Peningkatan hasil belajar ini dapat dijelaskan melalui karakteristik pembelajaran PjBL yang memungkinkan siswa untuk memahami konsep secara lebih mendalam. Dalam pembelajaran berbasis proyek, siswa tidak hanya mempelajari konsep secara teoritis, tetapi juga menerapkannya dalam konteks nyata. Pada materi laju reaksi, misalnya, siswa dapat mengaitkan konsep dengan fenomena sehari-hari atau melakukan eksperimen sederhana yang relevan. Proses ini memungkinkan siswa membangun pemahaman konseptual secara konstruktif melalui pengalaman belajar langsung.

Penjelasan ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun melalui interaksi aktif antara siswa dan lingkungannya. Dalam kerangka ini, pembelajaran yang melibatkan aktivitas seperti diskusi, eksplorasi, dan refleksi akan menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam dibandingkan dengan pembelajaran yang hanya berfokus pada penyampaian informasi. Djam'an et al. (2025), Rahmawati et al. (2021), Sugiarti et al. (2023; 2024), serta Singh (2024) juga menunjukkan bahwa integrasi STEAM dalam PjBL mampu meningkatkan pemahaman konsep karena siswa didorong untuk mengaplikasikan dan mentransfer pengetahuan dalam berbagai konteks.

Temuan penting lainnya dalam penelitian ini adalah adanya hubungan yang kuat antara aktivitas belajar dan hasil belajar siswa. Nilai koefisien korelasi yang tinggi menunjukkan bahwa semakin aktif siswa dalam proses pembelajaran, maka semakin tinggi pula hasil belajar yang diperoleh. Hal ini menguatkan pandangan bahwa aktivitas belajar merupakan faktor penting yang berkontribusi terhadap pencapaian hasil belajar. Aktivitas seperti bertanya, berdiskusi, bekerja sama, dan mempresentasikan hasil kerja tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa, tetapi juga memperdalam pemrosesan informasi secara kognitif.

Namun demikian, hubungan antara aktivitas belajar dan hasil belajar tidak dapat dipandang secara sederhana sebagai hubungan sebab-akibat tunggal. Torres et al. (2023), Pangestu et al. (2024), Lauriaga (2025), dan Sena et al. (2023) menunjukkan bahwa faktor lain seperti motivasi belajar, kesiapan awal siswa, dan lingkungan belajar juga berperan dalam memengaruhi kedua variabel tersebut. Siswa yang memiliki motivasi tinggi cenderung lebih aktif dan sekaligus mencapai hasil belajar yang lebih baik. Selain itu, kualitas kolaborasi kelompok dan mekanisme umpan balik juga turut memengaruhi efektivitas pembelajaran (Markula dan Aksela, 2022; Thompson et al., 2020; Zhou et al., 2025).

Integrasi pendekatan STEAM dalam model PjBL juga menjadi faktor kunci dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. STEAM memungkinkan siswa untuk menghubungkan berbagai disiplin ilmu dalam menyelesaikan masalah yang kompleks. Diego-Mantecón et al. (2021) dan Torres et al. (2023) menekankan bahwa integrasi lintas disiplin ini penting untuk menciptakan pembelajaran yang tidak hanya menarik, tetapi

juga memiliki kedalaman konseptual. Dalam penelitian ini, integrasi STEAM membantu siswa memahami konsep laju reaksi secara lebih kontekstual dan aplikatif.

Selain itu, kualitas desain pembelajaran juga berperan penting dalam keberhasilan implementasi PjBL-STEAM. Buruntong et al. (2025) dan Torres et al. (2023) menyatakan bahwa keberhasilan pembelajaran berbasis proyek sangat dipengaruhi oleh kejelasan tujuan pembelajaran, kualitas pertanyaan pemantik, serta kesesuaian antara aktivitas proyek dan tujuan kognitif. Dalam penelitian ini, peningkatan hasil belajar yang signifikan menunjukkan bahwa desain pembelajaran yang digunakan telah mampu menghubungkan aktivitas proyek dengan tujuan pembelajaran secara efektif.

Di sisi lain, pembelajaran PjBL-STEAM juga berpotensi mengembangkan keterampilan abad ke-21, seperti kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi. Meskipun penelitian ini tidak secara khusus mengukur keterampilan tersebut, indikator aktivitas belajar menunjukkan bahwa siswa terlibat dalam berbagai aktivitas yang mendukung pengembangan keterampilan tersebut. Amin et al. (2022), Zaman (2025), dan Munif (2025) menyatakan bahwa pembelajaran STEAM-PBL mampu mengintegrasikan aspek kognitif, sosial, dan keterampilan praktis secara simultan.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan kecenderungan yang positif, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Penelitian ini hanya dilakukan pada satu sekolah dengan jumlah sampel yang terbatas, sehingga generalisasi hasil penelitian masih terbatas. Selain itu, penelitian ini hanya difokuskan pada satu materi pembelajaran, yaitu laju reaksi, sehingga efektivitas model PjBL-STEAM pada materi lain masih perlu dikaji lebih lanjut. Pengukuran aktivitas belajar yang menggunakan lembar observasi juga berpotensi mengandung subjektivitas.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih besar dan beragam, serta mengkaji penerapan model PjBL-STEAM pada berbagai materi pembelajaran. Selain itu, penggunaan instrumen pengukuran yang lebih beragam, seperti angket, wawancara, dan rekaman aktivitas, dapat meningkatkan validitas data. Zaman (2025), Feng (2024), Halawa et al. (2024), dan Yang et al. (2022) menekankan pentingnya desain penelitian yang lebih komprehensif untuk memperoleh gambaran yang lebih akurat mengenai efektivitas model pembelajaran.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model PjBL terintegrasi STEAM merupakan pendekatan yang efektif dalam meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa. Keunggulan model ini terletak pada kemampuannya untuk menciptakan pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan bermakna. Dengan demikian, PjBL-STEAM tidak hanya relevan sebagai inovasi pembelajaran, tetapi juga memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pendidikan, khususnya dalam pembelajaran kimia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi dengan pendekatan STEAM memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aktivitas belajar dan hasil belajar siswa pada materi laju reaksi. Hal ini ditunjukkan oleh adanya perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, baik dari segi aktivitas maupun hasil belajar siswa. Siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model PjBL-STEAM menunjukkan tingkat keterlibatan yang lebih tinggi dalam proses pembelajaran, serta memperoleh hasil belajar yang lebih baik dibandingkan dengan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Selain itu, hasil analisis juga menunjukkan adanya hubungan yang kuat dan positif antara aktivitas belajar dan hasil belajar siswa. Artinya, semakin tinggi aktivitas belajar siswa selama proses pembelajaran, maka semakin tinggi pula hasil belajar yang dicapai. Temuan ini menegaskan pentingnya pembelajaran yang berpusat pada siswa dan

mendorong keterlibatan aktif dalam membangun pemahaman konsep. Dengan demikian, model PjBL terintegrasi STEAM dapat menjadi alternatif pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar siswa, khususnya pada materi kimia yang bersifat abstrak seperti laju reaksi.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa rekomendasi dapat diajukan. Guru disarankan menerapkan model PjBL terintegrasi STEAM sebagai alternatif pembelajaran, terutama pada materi kimia yang abstrak. Perencanaan pembelajaran perlu dilakukan secara matang, termasuk desain proyek, pembagian tugas, dan pemberian *scaffolding*. Dukungan sarana dan teknologi juga penting. Peneliti selanjutnya disarankan memperluas cakupan penelitian dan instrumen. Selain itu, sekolah perlu mendukung melalui pelatihan guru dan penyediaan fasilitas agar pembelajaran inovatif dapat berjalan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Budi, T., & Sari, N. (2020). Perkembangan kurikulum dan dampaknya terhadap proses pembelajaran di era digital. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 12(4), 45–58.
- Amin, M., Rahmawati, Y., Sudrajat, A., & Mardiah, A. (2022). Enhancing primary school students' critical thinking skills through the integration of inquiry-based STEM approach on teaching electricity in science learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2377(1), 012090. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2377/1/012090>
- Amin, M., Zaman, M., & Munif, M. (2022). Integrating STEAM and project-based learning to enhance students' collaboration and critical thinking skills. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 512–523.
- Buruntong, B., Kindoyop, S., Ramli, H., Said, T., Misdih, M., & Mohamed, N. (2025). Empowering creative learning through visual arts integration in STEAM via project-based learning: A case study in Sabah secondary schools. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 9(19), 95–108. <https://doi.org/10.47772/ijriss.2025.901900009>
- Buruntong, P., Torres, J., & Diego-Mantecón, J. M. (2025). Authentic assessment and project design in STEAM project-based learning environments. *International Journal of STEM Education*, 12(1), 1–15.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage Publications.
- Daryanto, & Suryanto. (2022). *Pembelajaran abad ke-21*. Gava Media.
- Diego-Mantecón, J., Prodromou, T., Lavicza, Z., Blanco, T., & Ortiz-Laso, Z. (2021). An attempt to evaluate STEAM project-based instruction from a school mathematics perspective. *ZDM*, 53(5), 1137–1148. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01303-9>
- Djam'an, N., Hidayah, N., Toti, M., Rustam, R., & Dewi, N. (2025). Analisis pemahaman konsep matematis siswa pada materi lingkaran melalui penerapan model pembelajaran PjBL berbasis STEAM dengan media kincir air. *Venn Journal of Sustainable Innovation on Education Mathematics and Natural Sciences*, 4(2), 89–101. <https://doi.org/10.53696/venn.v4i2.284>
- Feng, H. (2024). A blended teaching model of college English based on deep learning. *Journal of Electrical Systems*, 20(6s), 1505–1515. <https://doi.org/10.52783/jes.3070>
- Goagoses, N., Rötönen, E., Winschiers-Theophilus, H., Zaman, T., Itenge, H., & Tan, D. (2022). Facilitation techniques and tools for online project-based learning with primary school students. <https://doi.org/10.36315/2022v2end018>

- Halawa, S., Lin, T., & Hsu, Y. (2024). Exploring instructional design in K-12 STEM education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00503-5>
- Handayani, D., & Nurhamidah, N. (2024). The development of student soft skills through the integration of PjBL STEAM learning in the organic chemistry 1 topic of hydrocarbons. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 8(1), 29–38. <https://doi.org/10.23887/jpki.v8i1.71120>
- Hawari, A., & Noor, A. (2020). Project-based learning pedagogical design in STEAM art education. *Asian Journal of University Education*, 16(3), 102. <https://doi.org/10.24191/ajue.v16i3.11072>
- Indahwati, S. D., Rachmadiarti, F., & Hariyono, E. (2023). Integrasi PjBL, STEAM, dan pengembangan alat pembelajaran dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. *International Journal of Recent Educational Research*, 4(6), 808–818. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i6.434>
- Irdalisa, I., Zulherman, Z., Elvianasti, M., Widodo, S. A., & Hanum, E. (2024). Effectiveness of project-based learning on STEAM-based student's worksheet analysis with ecoprint technique. *International Journal of Educational Methodology*, 10(1). <https://doi.org/10.12973/ijem.10.1.923>
- Jayanti, T. N., Sulaeman, A., Rokayah, C., & Nurinda, J. (2022). Pencegahan dan pengendalian hipertensi pada lansia di Kampung KB Desa Cibiru Wetan. *Jurnal Peduli Masyarakat*, 4(4), 793–798.
- Lauriaga, M. (2025). Instructional videos and strategies on trends, networks and critical thinking in the 21st century culture and the learning responses of grade 12 SHS students. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 9(5), 3522–3616. <https://doi.org/10.47772/ijriss.2025.905000274>
- Ma'sumah, A., & Mitarlis, M. (2021). Pengembangan LKPD berorientasi STEM dengan model PjBL materi larutan elektrolit nonelektrolit dengan memanfaatkan bahan sekitar. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, 3(1), 22–34.
- Markula, A., & Aksela, M. (2022). The key characteristics of project-based learning: How teachers implement projects in K-12 science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00042-x>
- Mu'minah, I. H., & Suryaningsih, Y. (2020). Implementasi STEAM dalam pembelajaran abad ke-21. *Jurnal Bio Education*, 5(1), 65–73.
- Munif, D. (2025). Trends and mapping of STEAM-based interactive media: A systematic and bibliometric review. *Unnes Science Education Journal*, 14(3), 437–449. <https://doi.org/10.15294/usej.v14i3.34411>
- Nurasiah, I., Marini, A., Nafiah, M., & Rachmawati, N. (2022). Nilai kearifan lokal: Proyek paradigma baru program sekolah penggerak untuk mewujudkan profil pelajar Pancasila. *Jurnal Basicedu*, 6(3), 3639–3648. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i3.2727>
- Pangestu, K., Malagola, Y., Robbaniyah, I., & Rahajeng, D. (2024). The influence of project-based learning on learning outcomes, creativity and student motivation in science learning at elementary schools. *Jurnal Prima Edukasia*, 12(2), 194–203. <https://doi.org/10.21831/jpe.v12i2.63208>
- Rahmawati, Y., Ramadhani, S., Afrizal, A., Puspitasari, M., & Mardiah, A. (2021). Development of students' conceptual understanding through STEAM project integration in thermochemistry. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 6(1), 62–74. <https://doi.org/10.15575/jtk.v6i1.5498>

- Rahmadana, A., & Agnesa, O. S. (2022). Deskripsi implementasi STEAM dan integrasi aspek art pada pembelajaran biologi SMA. *JOTE: Journal on Teacher Education*, 4(1), 190–201.
- Sena, I., Neves, A., Lopes, A., Perotti, G., Corrêa, G., Maia, P., & Carmo, D. (2023). Organic functions: Ludicity as a learning facilitation tool. *Revista Ensino & Pesquisa*, 21(3), 322–337. <https://doi.org/10.33871/23594381.2023.21.3.7350>
- Singh, R. (2024). A new paradigm: Exploring the effects of PBL and other pedagogical methods on freshman engineering learning outcomes. *Journal of Engineering Education Transformations*, 38(Special Issue 1), 25–35. <https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v38is1/24207>
- Sugiarti, S., Sulastri, T., & Fatimah, S. (2023). STEAM pada model PjBL dan hasil belajar koloid peserta didik. *Semnasdies*, 1, 721–730. <https://doi.org/10.59562/semnasdies.v1i1.1194>
- Sugiarti, S., Sulastri, T., & Fatimah, S. (2024). The influence of the STEAM approach on the PjBL model on students' colloid learning outcomes. *Unesa Journal of Chemical Education*, 13(2), 139–147. <https://doi.org/10.26740/ujced.v13n2.p139-147>
- Sun, J. (2023). Implementing and facilitating STEAM problem-based learning from the perspective of teacher leadership. *Asia Pacific Journal of Educators and Education*, 38(2), 221–248. <https://doi.org/10.21315/apjee2023.38.2.12>
- Thana, P. M., & Hanipah, S. (2023). Kurikulum Merdeka: Transformasi pendidikan SD untuk menghadapi tantangan abad ke-21. *Prosiding Konferensi Ilmiah Dasar*, 4, 281–288.
- Thompson, K., Chapman, S., & Kanasa, H. (2020). Tools to mediate learning and self-assessment in a STEAM unit of work. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-2517-3.ch002>
- Torres, M., Couso, D., & Márquez, C. (2023). Evaluation of STEAM project-based learning instructional designs from the STEM practices perspective. *Education Sciences*, 14(1), 53. <https://doi.org/10.3390/educsci14010053>
- Widodo, T. H., Rokhmaniyah, R., & Arifin, M. H. (2021). Pengaruh pembelajaran STEAM melalui problem-based learning terhadap hasil belajar siswa kelas IV pada mata pelajaran PKn. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(2), 3483–3489.
- Wijayanto, T., Supriadi, B., & Nuraini, L. (2020). Pengaruh model pembelajaran project-based learning dengan pendekatan STEM terhadap hasil belajar siswa SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 9(3), 113–120.
- Yang, D., Skelcher, S., & Gao, F. (2021). An investigation of teacher experiences in learning the project-based learning approach. *Journal of Education and Learning*, 15(4), 490–504. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v15i4.20302>
- Yang, P., Lai, S., Guan, H., & Wang, J. (2022). Teaching reform and practice using the concept of outcome-based education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(3), 68–82. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i03.29041>
- Zaman, M. (2025). Effectiveness of STEAM education in enhancing 21st century skills: A systematic review. *Journal of Asian Development Studies*, 14(3), 590–598. <https://doi.org/10.62345/jads.2025.14.3.49>
- Zhou, G., Liu, W., Guo, S., & Liu, Y. (2025). Where are we in online project-based learning? Evidence from a visualized bibliometric review (2013–2023). *Computer Applications in Engineering Education*, 33(3). <https://doi.org/10.1002/cae.70044>