



PENGARUH *DISCOVERY LEARNING* BERBASIS PROYEK *GREEN CHEMISTRY* TERHADAP HASIL BELAJAR DAN KETERAMPILAN KOLABORASI SISWA

Sefhira Aulia^{1*} & Dewi Syafriani²

^{1&2}Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Jalan William Iskandar Ps. V, Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia

*Email: iraaulia0104@gmail.com

Submit: 11-04-2026; Revised: 21-04-2026; Accepted: 22-04-2026; Published: 30-04-2026

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* terhadap hasil belajar dan keterampilan kolaborasi siswa pada materi asam basa. Penelitian ini menggunakan desain *quasi experiment* dengan *pretest-posttest control group design* pada dua kelas yang dipilih secara acak. Instrumen penelitian meliputi tes hasil belajar (*pretest-posttest*) dan lembar observasi keterampilan kolaborasi. Data dianalisis menggunakan uji *N-Gain*, uji *independent sample t-test*, dan perhitungan *effect size*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *N-Gain* kelas eksperimen sebesar $0,66 \pm 0,15$, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar $0,44 \pm 0,14$. Uji hipotesis menunjukkan nilai sig. $< 0,05$ pada hasil belajar dan keterampilan kolaborasi yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara kedua kelas. Selain itu, nilai *effect size* yang diperoleh sebesar 0,61 (kategori sedang) pada hasil belajar dan 0,96 (kategori tinggi) pada keterampilan kolaborasi. Temuan ini membuktikan bahwa model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan keterampilan kolaborasi siswa, serta berimplikasi pada pengembangan pembelajaran kimia yang lebih kontekstual dan kolaboratif.

Kata Kunci: Asam Basa, *Discovery Learning*, *Green Chemistry*, Hasil Belajar, Keterampilan Kolaborasi.

ABSTRACT: This study aims to analyze the effect of a green chemistry project-based discovery learning model on students' learning outcomes and collaboration skills in acid-base learning. This study used a quasi-experimental design with a pretest-posttest control group design in two randomly selected classes. The research instruments included a learning outcome test (pretest-posttest) and a collaboration skills observation sheet. Data were analyzed using the *N-Gain* test, independent sample *t-test*, and effect size calculation. The results showed that the *N-Gain* value of the experimental class was 0.66 ± 0.15 , higher than the control class's 0.44 ± 0.14 . Hypothesis testing showed a sig. < 0.05 for learning outcomes and collaboration skills, indicating a significant difference between the two classes. In addition, the effect size values obtained were 0.61 (moderate category) for learning outcomes and 0.96 (high category) for collaboration skills. These findings prove that the green chemistry project-based discovery learning model is effective in improving students' learning outcomes and collaboration skills, and have implications for the development of more contextual and collaborative chemistry learning.

Keywords: Acid Base, *Discovery Learning*, *Green Chemistry*, Learning Outcomes, Collaboration Skills.

How to Cite: Aulia, S., & Syafriani, D. (2026). Pengaruh Model *Discovery Learning* Berbasis Proyek *Green Chemistry* terhadap Hasil Belajar dan Keterampilan Kolaborasi Siswa. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 6(2), 1374-1383. <https://doi.org/10.36312/panthera.v6i2.1254>



Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan is Licensed Under a [CC BY-SA Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Uniform Resource Locator: <https://e-journal.lp3kamandanu.com/index.php/panthera>



PENDAHULUAN

Aktivitas belajar mengajar kimia di Sekolah Menengah Atas (SMA) berperan penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah, keterampilan proses sains, serta karakter ilmiah peserta didik. Kimia tidak hanya menekankan penguasaan konsep, namun juga menuntut kemampuan mengaitkan fenomena abstrak dengan kehidupan nyata (Putri & Yonata, 2024). Namun dalam praktiknya, pembelajaran kimia masih sering berlangsung secara konvensional, dimana guru berperan dominan, sementara siswa cenderung pasif dan berorientasi pada hasil akhir, bukan pada proses berpikir. Kondisi tersebut menyebabkan minimnya kemampuan proses penalaran kritis, hubungan komunikasi, dan kerja sama yang merupakan kompetensi di abad ke-21 (Subagia & Sudiatmika, 2024).

Kemampuan kolaborasi yang meliputi keterampilan bekerja sama, distribusi tanggung jawab, menghormati pendapat, serta meraih tujuan bersama merupakan salah satu keterampilan penting yang perlu dimiliki dalam proses pembelajaran abad ke-21 (OECD, 2018). Namun, berdasarkan hasil observasi dan wawancara di MAN 2 Model Medan, keterampilan kolaborasi siswa masih belum berkembang optimal. Selain itu pada materi asam basa, siswa juga mengalami kesulitan dalam memahami konsep yang bersifat abstrak serta mengaitkannya dengan fenomena kehidupan sehari-hari. Hal ini sejalan dengan penelitian Lestari *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep asam basa akibat pembelajaran yang kurang melibatkan aktivitas eksploratif.

Penelitian lain menunjukkan bahwa siswa mengalami hambatan dalam memahami konsep asam basa, karena pembelajaran yang berorientasi pada hafalan, sehingga membuat siswa tidak mampu menghubungkan teori dengan aktivitas harian (Jiménez-Liso *et al.*, 2020). Selain itu, kesulitan juga ditemukan dalam aspek perhitungan, seperti titrasi dan penentuan pH (Astuti & Marzuki, 2018), serta adanya miskonsepsi akibat minimnya aktivitas eksperimen dan pembelajaran mandiri (Rumape *et al.*, 2024). Hasil wawancara dengan guru menunjukkan bahwa pembelajaran masih didominasi metode ceramah dengan praktikum yang terbatas, sehingga keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran belum optimal. Selain itu, pembelajaran berbasis proyek belum diterapkan, padahal pendekatan tersebut berpotensi meningkatkan kemandirian, kerja sama, serta hasil belajar siswa.

Model *discovery learning* diketahui mampu mendorong keterlibatan aktif siswa dalam membangun pemahaman konsep melalui eksplorasi dan refleksi (Allo *et al.*, 2024; Inna *et al.*, 2024). Di sisi lain, penerapan proyek dalam pembelajaran kimia mampu menumbuhkan kolaborasi, kreativitas, serta pemahaman konseptual yang lebih mendalam (Olivares *et al.*, 2025). Selain itu, integrasi prinsip *green chemistry* dalam pembelajaran kimia dapat menumbuhkan kesadaran lingkungan melalui kegiatan praktikum, proyek, serta penggunaan bahan alam yang berkelanjutan dan tidak merusak lingkungan (Kamilah & Louise, 2025). Namun demikian, penelitian yang mengintegrasikan model *discovery learning* dengan pembelajaran berbasis proyek yang berorientasi pada prinsip *green chemistry* dalam satu kesatuan pembelajaran masih terbatas, khususnya pada materi asam basa.



Berdasarkan uraian tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan model *discovery learning* berbasis proyek yang terintegrasi dengan prinsip *green chemistry* untuk meningkatkan hasil belajar dan keterampilan kolaborasi siswa. Integrasi ketiga pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, kontekstual, serta mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis pengaruh penerapan model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* terhadap hasil belajar dan keterampilan kolaborasi siswa pada materi asam basa.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi experiment* berupa *pretest-posttest control group design* (Sugiyono, 2022). Penelitian ini melibatkan dua kelompok, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol yang dipilih menggunakan teknik *random sampling* dari populasi siswa kelas XI MAN 2 Model Medan. Kelas eksperimen diberikan perlakuan menggunakan model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry*, sedangkan kelas kontrol menggunakan model *discovery learning*. Sebelum perlakuan, kedua kelas diberikan *pre-test* untuk mengetahui kemampuan awal siswa. Saat proses pembelajaran berlangsung, keterampilan kolaborasi siswa diukur menggunakan lembar observasi oleh *observer*. Setelah proses pembelajaran, kedua kelas diberikan *post-test* untuk mengukur peningkatan hasil belajar siswa.

Instrumen penelitian terdiri dari tes hasil belajar dan lembar observasi keterampilan kolaborasi siswa. Instrumen tes disusun berdasarkan indikator hasil belajar pada materi asam basa, sementara instrumen nontes disusun berdasarkan indikator keterampilan kolaborasi yang mencakup aspek berkontribusi secara aktif, bekerja secara produktif, kompromi, menunjukkan tanggung jawab, serta menunjukkan sikap menghargai. Instrumen penelitian telah memenuhi uji tingkat kesukaran, daya pembeda, validitas, distruktur, dan reliabilitas instrumen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan valid dan reliabel, sehingga layak digunakan dalam penelitian.

Tabel 1. Desain Penelitian.

Kelas	Pre-test	Perlakuan	Post-test
Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂	O ₄

Keterangan:

O₁ = *Pre-test* pada kelas eksperimen;

O₂ = *Post-test* pada kelas eksperimen;

O₃ = *Pre-test* pada kelas kontrol;

O₄ = *Post-test* pada kelas kontrol;

X₁ = Perlakuan model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry*; dan

X₂ = Perlakuan dengan model *discovery learning*.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tes berbentuk pilihan ganda untuk mengukur hasil belajar siswa, dan lembar observasi untuk mengukur keterampilan kolaborasi siswa. Prosedur



pembelajaran dilaksanakan selama empat pertemuan. Pada kelas eksperimen, pembelajaran dilakukan dengan tahapan *discovery learning* yang meliputi *stimulation*, *problem statement*, *data collection*, *data processing*, *verification*, dan *generalization* yang diintegrasikan dengan kegiatan proyek berbasis *green chemistry* berupa pembuatan indikator alami dari bahan di lingkungan sekitar, sementara kelas kontrol hanya menggunakan tahapan *discovery learning* tanpa integrasi proyek

Uji N-Gain

Uji *Normalized Gain (N-Gain)* diterapkan dalam menilai taraf kenaikan hasil belajar peserta didik setelah perlakuan dilakukan. Uji ini dilakukan dengan membandingkan nilai *pre-test* dan *post-test* untuk melihat efektivitas model pembelajaran yang diterapkan.

Uji Normalitas

Dalam kajian ini, pengujian ini diterapkan dengan uji *Shapiro-Wilk* melalui program IBM SPSS *Statistics Version 22*, mengingat jumlah sampel pada setiap kategori kurang dari 50 peserta didik. Berikut aspek pengambilan Keputusan yang digunakan, yaitu: 1) apabila nilai signifikansi (sig.) $> 0,05$, artinya data berdistribusi normal; dan 2) apabila nilai signifikansi (sig.) $\leq 0,05$ artinya data berdistribusi tidak normal (Sugiyono, 2022).

Uji Homogenitas

Dalam kajian ini, uji homogenitas diterapkan dengan uji *Levene's Test* menggunakan program IBM SPSS *Statistics Version 22*. Homogenitas data diperlukan untuk menjamin bahwa perbedaan hasil antar kedua kelompok benar-benar disebabkan oleh perlakuan yang diberikan, bukan oleh perbedaan karakteristik sampel (Sujarweni, 2021).

Uji Hipotesis

Dalam kajian ini, pengujian hipotesis akan dilaksanakan dengan menerapkan uji *independent sample t-test*. Uji tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi adanya perbedaan yang signifikan antara hasil *post-test* kelas eksperimen dengan kelas kontrol. Penelitian ini melibatkan dua kelompok sampel yang tidak berpasangan, maka digunakan uji *independent sample t-test* melalui program IBM SPSS *Statistics Version 22*. Uji tersebut termasuk dalam kategori uji parametrik yang dapat digunakan apabila data telah memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas. Kriteria pengambilan keputusan: 1) jika nilai sig. (*2-tailed*) $> 0,05$, maka H_0 diterima, artinya tidak terdapat perbedaan peningkatan yang signifikan antara kedua kelompok; dan 2) jika nilai sig. (*2-tailed*) $\leq 0,05$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima, artinya terdapat perbedaan peningkatan yang signifikan antara kedua kelompok

Effect Size

Besarnya pengaruh perlakuan dianalisis menggunakan *effect size (Cohen's d)* yang dihitung berdasarkan nilai *t* dan *degree of freedom (df)* dari hasil uji *independent sample t-test*.

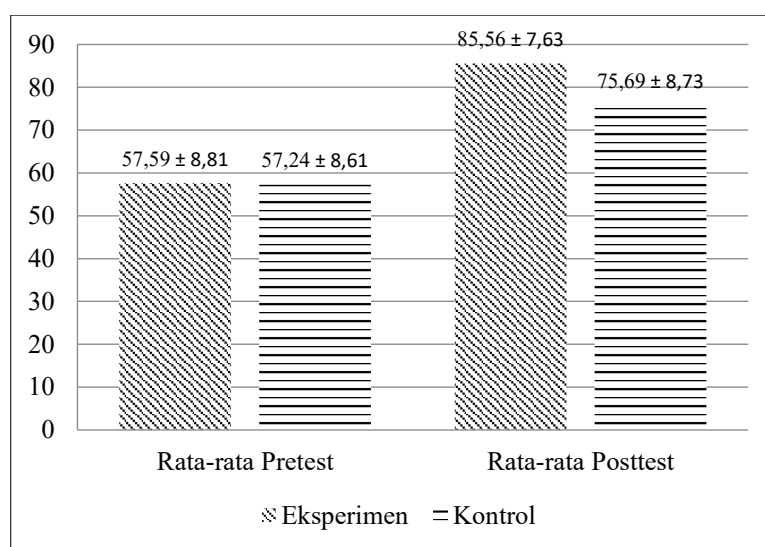
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* terhadap hasil belajar dan keterampilan

kolaborasi siswa. Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, diperoleh temuan bahwa model pembelajaran tersebut memberikan pengaruh terhadap kedua variabel yang diteliti.

Hasil Belajar

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa nilai *N-Gain* kelas eksperimen sebesar $0,66 \pm 0,15$ yang mengungguli kelas kontrol dengan nilai sebesar $0,44 \pm 0,14$. Data penelitian menunjukkan nilai *post-test* rata-rata hasil belajar siswa di kelas eksperimen yang dibelajarkan dengan menggunakan model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* sebesar $85,56 \pm 7,63$ dan kelas kontrol yang dibelajarkan dengan model *discovery learning* sebesar $75,69 \pm 8,73$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



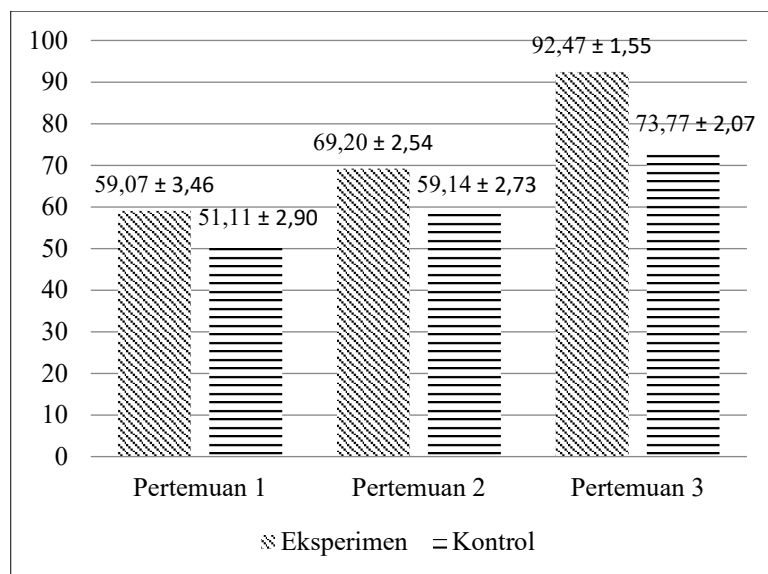
Gambar 1. Diagram Hasil Pre-Test dan Post-Test.

Hasil uji hipotesis menunjukkan nilai $\text{sig.} < 0,05$, sehingga H_a diterima dan H_0 ditolak. Untuk rumusan masalah yang pertama, terdapat peningkatan kemampuan kognitif yang signifikan dan lebih tinggi pada kelas eksperimen yang diberikan perlakuan dengan model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* dibandingkan kelas kontrol yang menerapkan model *discovery learning*. Temuan tersebut juga diperkuat oleh nilai *effect size* sebesar 0,61 yang termasuk ke dalam kategori sedang.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Allo *et al.* (2024) yang menjelaskan bahwa model *discovery learning* terbukti efektif meningkatkan hasil belajar, karena siswa secara aktif menemukan konsep melalui proses pengamatan, hipotesis, eksperimen, dan refleksi. Didukung juga oleh Subagia & Sudiatmika (2024) yang menyatakan bahwa integrasi kegiatan proyek memungkinkan siswa mengaitkan teori dengan praktik nyata, sehingga memperkuat hubungan antara aspek konseptual dan kontekstual. Melalui proyek pembuatan indikator alami baru, siswa secara aktif mengonstruksi pemahaman mengenai konsep pH dan trayek indikator melalui pengalaman langsung. Integrasi proyek ini memungkinkan siswa mengaitkan teori asam basa dengan praktik nyata, sehingga memperkuat hubungan konseptual dan kontekstual.

Keterampilan Kolaborasi

Didapatkan data penelitian nilai rata-rata keterampilan kolaborasi siswa dari kelas eksperimen yang dibelajarkan dengan menggunakan model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* sebesar $73,58 \pm 1,76$ dan kelas kontrol yang dibelajarkan dengan model *discovery learning* sebesar $61,26 \pm 2,02$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Keterampilan Kolaborasi Siswa.

Hasil uji hipotesis menunjukkan sig. < 0,05 berarti terdapat perbedaan yang signifikan pada keterampilan kolaborasi siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Temuan ini diperkuat oleh perolehan nilai *effect size* 0,96 termasuk dalam kategori besar yang menunjukkan bahwa model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap peningkatan keterampilan kolaborasi.

Peningkatan keterampilan kolaborasi sebenarnya terjadi pada kedua kelas. Hal ini menunjukkan bahwa model *discovery learning* tanpa proyek pun efektif dalam mendorong keterlibatan siswa melalui aktivitas diskusi dan penemuan konsep secara aktif. Namun demikian, peningkatan pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi proyek *green chemistry* memberikan dampak yang lebih besar dalam mengembangkan keterampilan kolaborasi siswa.

Pada kelas eksperimen, keterampilan kolaborasi berkembang lebih optimal, karena siswa terlibat langsung dalam kegiatan proyek. Aktivitas tersebut mendorong siswa untuk berinteraksi secara lebih intensif, berbagi tanggung jawab, serta mengambil keputusan ilmiah secara kolektif. Kondisi ini menyebabkan proses kolaborasi tidak hanya terjadi secara konseptual, tetapi juga melalui pengalaman nyata dalam pembelajaran.

Temuan ini didukung oleh penelitian Hidayah *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek dalam pembelajaran kimia dapat meningkatkan efektivitas kerja kelompok serta keterampilan siswa. Sejalan



dengan itu, Anggriani *et al.* (2024) juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek terbukti berkontribusi dalam meningkatkan keterampilan sosial siswa, termasuk sikap saling menghargai dan komunikasi kolaborasi dalam kelompok belajar. Diperkuat dengan nilai *effect size* sebesar 0,96 yang termasuk ke dalam kategori tinggi. Hal ini dikarenakan keterampilan kolaborasi dalam proyek pembuatan indikator alami baru melibatkan tindakan nyata, seperti berdiskusi, memimpin, membantu rekan, dan membuat keputusan ilmiah secara kolektif. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Putri *et al.* (2024) yang menjelaskan bahwa keterlibatan langsung siswa dalam proses perencanaan dan penyelesaian proyek dapat meningkatkan partisipasi aktif dalam pembelajaran.

Effect Size

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, nilai *effect size* tertinggi ditemukan pada keterampilan kolaborasi, diikuti oleh hasil belajar. Hal ini menunjukkan penerapan model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* memberikan pengaruh yang lebih dominan pada pengembangan keterampilan kolaborasi. Temuan ini didukung oleh penelitian Olivares *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa kegiatan proyek dalam pembelajaran kimia mampu memberikan dampak yang besar terhadap peningkatan kolaborasi dan kreativitas siswa melalui tindakan nyata secara kolektif.

Peningkatan hasil belajar siswa dalam penelitian ini dapat dijelaskan melalui perspektif konstruktivisme, dimana belajar merupakan proses aktif dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman (Wibowo, 2020). Hal ini sejalan dengan karakteristik model *discovery learning* yang menekankan keterlibatan siswa dalam menemukan konsep secara mandiri melalui proses eksplorasi, observasi, dan penarikan simpulan, sehingga pemahaman yang diperoleh menjadi lebih bermakna dan bertahan lama (Allo *et al.*, 2024).

Sementara itu, peningkatan keterampilan kolaborasi siswa sejalan dengan teori konstruktivistik sosial yang menekankan bahwa pembelajaran terjadi melalui interaksi sosial, seperti diskusi dan kerja sama dalam kelompok (Hasbiyallah & Al-Ghifary, 2023). Dalam pembelajaran berbasis proyek, siswa dituntut untuk berinteraksi secara aktif, berbagi ide, serta menyelesaikan permasalahan secara bersama, sehingga keterampilan kolaborasi berkembang secara lebih optimal.

Integrasi proyek dalam pembelajaran juga mencerminkan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*), dimana pengetahuan diperoleh melalui keterlibatan langsung dalam aktivitas nyata. Dalam penelitian ini, siswa terlibat dalam proyek pembuatan indikator alami, sehingga mereka tidak hanya memahami konsep asam basa secara teoretis, tetapi juga mengalami secara langsung proses ilmiah melalui kegiatan eksperimen dan pengamatan.

Penerapan prinsip *green chemistry* dalam pembelajaran juga mendukung pembelajaran kontekstual, karena siswa mengaitkan konsep kimia dengan kehidupan nyata melalui pemanfaatan bahan alami di lingkungan sekitar. Pembelajaran yang menghubungkan konsep dengan konteks nyata terbukti dapat meningkatkan pemahaman konsep serta keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran (Kamilah & Louise, 2025). Secara keseluruhan, besaran *effect size* yang diperoleh membuktikan bahwa model pembelajaran ini merupakan inovasi pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan berbagai kompetensi siswa secara



simultan, baik pada hasil belajar maupun keterampilan kolaborasi. Pendekatan ini juga mendorong terbentuknya sikap peduli lingkungan dan kesadaran berkelanjutan pada siswa sebagai bagian dari pembelajaran yang bermakna.

SIMPULAN

Penerapan model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar dan keterampilan kolaborasi siswa pada materi asam basa. Model pembelajaran ini mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa melalui proses penemuan yang terintegrasi dengan kegiatan proyek, sekaligus mengembangkan keterampilan kolaborasi melalui aktivitas kerja kelompok yang terstruktur. Dengan demikian, model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* dapat menjadi alternatif pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan kompetensi kognitif dan keterampilan kolaborasi siswa secara bersamaan.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan simpulan yang telah disampaikan, berikut beberapa rekomendasi yang dapat diajukan oleh peneliti: 1) bagi guru dan calon guru kimia, model *discovery learning* berbasis proyek *green chemistry* dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan hasil belajar, kesadaran lingkungan, dan keterampilan kolaborasi siswa, sehingga baik untuk diterapkan dalam proses pembelajaran di sekolah; dan 2) bagi peneliti selanjutnya, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variabel atau materi kimia lainnya, serta mengeksplorasi lebih banyak variasi bahan alam dalam pembuatan indikator alami baru, atau dengan durasi pembelajaran yang lebih panjang, sehingga peningkatan pada setiap indikator kemampuan siswa dapat tercapai secara lebih maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penerbitan artikel ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Allo, E. L., Cahyani, V. P., & Ruslan, Z. A. (2024). Quality of Discovery Learning-Based Chemistry Learning Tools Developed by Chemistry Teacher Candidates. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7332–7342. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.8581>
- Anggriani, M. D., Intansari, I., & Indriani, L. (2024). Project-Based Learning: Cultivating Collaborative Skills in Science Education. *Primary : Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 13(5), 184–190. <https://doi.org/10.33578/jpkip-v13i5.p184-190>
- Astuti, R. T., & Marzuki, H. (2018). Analisis Kesulitan Pemahaman Konsep pada Materi Titrasi Asam Basa Siswa SMA. *Orbital : Jurnal Pendidikan Kimia*, 1(1), 22–27. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v1i1.1862>
- Hasbiyallah, & Al-Ghifary, D. F. (2023). Memahami Manajemen Belajar dan Pembelajaran pada Pendidikan. In *Gunung Djati Conference Series: Uniform Resource Locator: <https://e-journal.lp3kamandanu.com/index.php/panthera>*



- Conference Series Learning Class Tauhid and Akhlak* (pp. 470-479). Bandung, Indonesia: UIN Sunan Gunung Djati.
- Hidayah, H., Wardani, S., & Sumarni, W. (2025). A Project-Based Learning Student Worksheet Based on STEM and Green Chemistry to Improve Students' Conceptual Understanding and 21st Century Competencies. *Chemistry in Education*, 14(1), 92–100. <https://doi.org/10.15294/chemined.v14i1.29100>
- Inna, M., Safnowandi, S., & Armiani, S. (2024). Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMP Negeri 2 Gunungsari melalui Penerapan Model Pembelajaran *Guided Discovery Learning*. *Educatoria : Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 4(2), 87-95. <https://doi.org/10.36312/educatoria.v4i2.270>
- Jiménez-Liso, M. R., López-Banet, L., & Dillon, J. (2020). Changing How We Teach Acid-Base Chemistry. *Education Sciences*, 10(8), 1-20. <https://doi.org/10.3390/educsci10080210>
- Kamilah, I., & Louise, I. S. Y. (2025). Pengaruh Praktikum *Green Chemistry* terhadap Keterampilan Proses Sains dan Kesadaran Lingkungan pada Materi Faktor Laju Reaksi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13(Special_issue), 247–259. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.89688
- Lestari, N. A., Liliarsari, Irawan, N. Z. P., & Musthapa, I. (2024). Research Trends of Project-Based Learning Model in Chemistry Learning through Bibliometric Analysis. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*, 7(2), 404–415. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v7i2.79200>
- OECD. (2018). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. Paris: The Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).
- Olivares, A., Mayer, D., & Lin, M. (2025). Project-Based Learning in High School Chemistry Over the Past Decade: A Review of Literature. *Journal of Chemical Education*, 102(2), 599–614. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.400886>
- Putri, N. M., Hakim, L. E., & Ristanto, R. H. (2024). Studi Literatur Penerapan *Project-Based Learning* (PjBL) pada Pembelajaran Kimia. *Ideguru : Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 10(1), 433-442. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v10i1.1251>
- Putri, R. M. D., & Yonata, B. (2024). Feasibility of Discovery Learning Based Student Worksheets on Acid-Base Materials to Practice Critical Thinking Skills. *Hydrogen : Jurnal Kependidikan Kimia*, 12(5), 1134-1145. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v12i5.13134>
- Rumape, O., Adjami, E. N. F., Sihaloho, M., & Iyabu, H. (2024). Identifikasi Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Titrasi Asam Basa. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 6(1), 71–76. <https://doi.org/10.37905/jjec.v6i1.23392>
- Subagia, I. W., & Sudiatmika, R. S. (2024). Project-Based Learning Implementation in Fundamental Chemistry Courses to Meet the 21st Century Learning Target. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 7(2), 79–86. <https://doi.org/10.23887/jpki.v7i2.70368>



Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan

E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636

Volume 6, Issue 2, April 2026; Page, 1374-1383

Email: pantherajurnal@gmail.com

-
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: CV Alfabeta.
- Sujarweni, V. W. (2021). *Metodologi Penelitian: Lengkap, Praktis, dan Mudah Dipahami*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Wibowo, H. (2020). *Pengantar Teori-teori Belajar dan Model-model Pembelajaran*. Jakarta: Puri Cipta Media.