

Efektivitas Desain Pembelajaran Proyek IPAS Terintegrasi Pendekatan STEM terhadap Keterampilan Pemecahan Masalah Kolaboratif di SMK Negeri 1 Kemangkon

Gilang Ramadhan¹, Melia Sundari¹

¹ SMK Negeri 1 Kemangkon, Indonesia

Email correspondence: gilang153fmipa.2025@student.uny.ac.id

² SMP Istiqomah Sambas Purbalingga, Indonesia

ABSTRACT

Integrated STEM and project-based learning are increasingly used to connect scientific concepts with authentic, collaborative problem contexts. This study examined the effectiveness of an IPAS project-learning design integrated with STEM at SMK Negeri 1 Kemangkon. The study compared learning gains between an experimental class receiving the intervention and a control class receiving conventional learning. A quasi-experimental pretest-posttest control-group design was used with 64 students, comprising 32 students in the experimental group and 32 in the control group. Data were analyzed using descriptive statistics, normality and homogeneity tests, paired-samples t-tests, an independent-samples t-test on gain scores, normalized gain, and Cohen's d. The experimental group increased from a mean pretest of 54.19 to a mean posttest of 86.19, while the control group increased from 56.94 to 66.28. Mean gain was 32.00 in the experimental group and 9.34 in the control group. The between-group difference in gain was statistically significant, $t(62)=9.98$, $p<.001$, with a 95% confidence interval of 18.12–27.20 and a large effect size ($d=2.49$). Mean normalized gain was 0.69 in the experimental group and 0.20 in the control group. The intervention was substantially more effective than the comparison learning condition. However, the uploaded dataset operationalizes the outcome through a conceptual-understanding test on solar-system content; therefore, the empirical findings should not be interpreted as a direct measurement of collaborative problem-solving competence unless a validated collaborative problem-solving instrument is also administered.

ABSTRAK

Pembelajaran IPAS yang mengintegrasikan STEM dan proyek dapat menghubungkan konsep sains dengan persoalan autentik yang menuntut kerja kelompok dan pengambilan keputusan berbasis bukti. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas desain pembelajaran proyek IPAS terintegrasi pendekatan STEM di SMK Negeri 1 Kemangkon dengan membandingkan peningkatan hasil belajar kelompok eksperimen dan kontrol. Penelitian menggunakan desain kuasi eksperimen pretest-posttest dengan kelompok kontrol yang melibatkan 64 peserta didik, masing-masing 32 peserta didik pada kelompok eksperimen dan kontrol. Analisis meliputi statistik deskriptif, uji normalitas dan homogenitas, uji t berpasangan, uji t independen terhadap skor gain, N-gain, dan ukuran efek Cohen's d. Rata-rata pretest-posttest kelompok eksperimen meningkat dari 54,19 menjadi 86,19, sedangkan kelompok kontrol meningkat dari 56,94 menjadi 66,28. Rata-rata gain kelompok eksperimen sebesar 32,00 dan kontrol sebesar 9,34. Perbedaan gain antarkelompok signifikan, $t(62)=9,98$, $p<0,001$, dengan interval kepercayaan 95% sebesar 18,12–27,20 dan ukuran efek besar ($d=2,49$). N-gain rata-rata masing-masing sebesar 0,69 dan 0,20. Desain pembelajaran pada kelompok eksperimen menunjukkan efektivitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan pembelajaran pembandingan. Akan tetapi, dataset yang tersedia mengoperasionalkan variabel hasil melalui tes pemahaman konseptual materi tata surya. Karena itu, temuan empiris belum dapat diklaim sebagai pengukuran langsung keterampilan pemecahan masalah kolaboratif tanpa instrumen keterampilan tersebut.

ARTICLE HISTORY

Received 01-04-2026

Accepted 30-06-2026

KEYWORDS

IPAS; STEM; project-based learning; collaborative problem solving; vocational education

KATA KUNCI

IPAS; STEM; pembelajaran berbasis proyek; pemecahan masalah kolaboratif; SMK

PENDAHULUAN

Transformasi pembelajaran sains pada pendidikan menengah tidak lagi cukup diarahkan pada penguasaan fakta, tetapi perlu memberi kesempatan kepada peserta didik untuk menggunakan pengetahuan dalam menghadapi persoalan autentik, merancang solusi, menguji gagasan, dan bekerja bersama. Literatur STEM menempatkan integrasi sains, teknologi, rekayasa, dan matematika sebagai cara untuk membangun pengalaman belajar yang lintas disiplin dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata (English, 2016; Kelley & Knowles, 2016). Dalam konteks sekolah kejuruan, orientasi tersebut relevan karena pembelajaran perlu menjembatani pengetahuan akademik dengan tuntutan kompetensi kerja, termasuk kemampuan berpikir tingkat tinggi, komunikasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah.

Pembelajaran berbasis proyek (project-based learning/PjBL) memiliki karakteristik yang mendukung tujuan tersebut karena peserta didik belajar melalui pertanyaan atau masalah yang bermakna, menghasilkan produk atau solusi, melakukan investigasi, serta memperoleh ruang untuk mengambil keputusan. Bell (2010) menjelaskan bahwa PjBL memberi konteks autentik bagi pengembangan keterampilan abad ke-21, sedangkan Tseng et al. (2013) menunjukkan bahwa lingkungan PjBL dapat membentuk pengalaman belajar STEM yang menuntut keterlibatan aktif dan kerja kelompok. Han et al. (2015) juga menunjukkan bahwa STEM project-based learning dapat memberi pengaruh positif terhadap capaian belajar dan sikap peserta didik, khususnya ketika proyek menghubungkan konsep dengan persoalan yang dapat dipahami peserta didik.

Integrasi STEM menjadi penting karena proyek tidak sekadar diposisikan sebagai aktivitas membuat produk, tetapi sebagai proses desain yang mengharuskan peserta didik mengidentifikasi masalah, menggunakan konsep ilmiah, memanfaatkan teknologi, merancang solusi, melakukan pengujian, dan memperbaiki rancangan. Kelley dan Knowles (2016) menekankan perlunya kerangka integratif agar hubungan antarbidang STEM tidak berlangsung secara terpisah. English (2016) menambahkan bahwa pembelajaran STEM yang bermakna perlu menghadirkan problem solving dan design sebagai penghubung antardisiplin. Temuan-temuan tersebut diperkuat oleh berbagai kajian mutakhir yang melaporkan hubungan PjBL-STEM dengan kreativitas, berpikir kritis, kolaborasi, dan kemampuan pemecahan masalah (Kwon & Lee, 2025; Xu et al., 2025; Winaryati et al., 2025).

Keterampilan pemecahan masalah kolaboratif menjadi semakin penting karena masalah dunia nyata jarang diselesaikan secara individual. Dalam pemecahan masalah kolaboratif, peserta didik tidak hanya perlu menemukan solusi, tetapi juga membangun pemahaman bersama, membagi tugas, mengoordinasikan strategi, memantau kemajuan, dan menegosiasikan keputusan. Kerangka asesmen PISA menempatkan kolaborasi sebagai kompetensi yang berkaitan dengan kemampuan individu untuk terlibat secara efektif dalam penyelesaian masalah bersama. Penelitian tentang pengukuran collaborative problem solving menunjukkan bahwa tugas pemecahan masalah perlu mempertimbangkan aspek kognitif dan interaksi sosial secara bersamaan (Harding et al., 2017). Kajian terbaru juga menunjukkan meningkatnya perhatian terhadap penggunaan proyek, umpan balik, dan scaffolding untuk mengembangkan kompetensi pemecahan masalah kolaboratif dalam pembelajaran sains (Zhou et al., 2026; Krstić et al., 2025).

Di Indonesia, kebutuhan penguatan kompetensi abad ke-21 semakin relevan dengan pembelajaran IPAS pada pendidikan vokasi. Pembelajaran IPAS dapat menjadi ruang untuk mengintegrasikan konsep sains dengan persoalan kontekstual, teknologi, dan proses desain yang dekat dengan kehidupan maupun dunia kerja. Sejumlah kajian sistematis melaporkan bahwa pembelajaran STEM/PjBL dalam pendidikan sains banyak diarahkan pada pengembangan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah (Halim, 2021; Subramaniam et al., 2023; Cebrero, 2025). Meta-analisis mengenai STEM juga menunjukkan bahwa integrasi lintas disiplin berpotensi meningkatkan capaian belajar, meskipun besar pengaruhnya bergantung pada kualitas desain pembelajaran dan karakteristik intervensi (Zhou et al., 2025).

Walaupun demikian, masih terdapat persoalan metodologis. Banyak penelitian mengukur efektivitas STEM-PjBL menggunakan hasil belajar kognitif, sementara klaim mengenai keterampilan pemecahan masalah kolaboratif sering kali didasarkan pada karakteristik aktivitas proyek, bukan pada instrumen yang secara langsung mengukur kompetensi tersebut. Perbedaan antara konstruk yang diajarkan dan konstruk yang diukur dapat menyebabkan interpretasi hasil yang terlalu luas. Jiang et al. (2023), misalnya, menunjukkan bahwa riset collaborative problem solving berkembang sebagai bidang tersendiri dan membutuhkan perhatian terhadap cara kompetensi tersebut dioperasionalkan dan dinilai.

Penelitian ini dilakukan untuk memberikan bukti empiris mengenai efektivitas desain pembelajaran proyek IPAS terintegrasi STEM pada peserta didik SMK Negeri 1 Kemangkon. Secara khusus, penelitian membandingkan perubahan skor sebelum dan sesudah pembelajaran pada kelompok eksperimen dan kontrol serta menghitung besarnya efek intervensi. Berdasarkan data yang tersedia, outcome yang terukur adalah skor tes pemahaman konseptual materi tata surya. Oleh sebab itu, artikel ini menggunakan istilah keterampilan pemecahan masalah kolaboratif sebagai orientasi desain pembelajaran, tetapi secara eksplisit membatasi klaim empiris pada peningkatan kemampuan yang benar-benar diukur oleh instrumen. Batasan ini penting agar kesimpulan penelitian tetap konsisten dengan bukti yang tersedia.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi eksperimen pretest-posttest control group. Berdasarkan dataset, sampel terdiri atas 64 peserta didik yang terbagi secara seimbang ke dalam kelompok eksperimen ($n=32$) dan kelompok kontrol ($n=32$). Kelompok eksperimen memperoleh desain pembelajaran proyek IPAS terintegrasi STEM, sedangkan kelompok kontrol memperoleh pembelajaran pembandingan. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan skor maksimum 100.

Instrumen yang tercantum dalam workbook merupakan tes pemahaman konseptual pada materi tata surya. Kisi-kisinya memuat kemampuan menganalisis karakteristik planet, hubungan jarak planet dengan suhu dan periode revolusi, konfigurasi Matahari–Bumi–Bulan, pengaruh kemiringan sumbu Bumi, serta evaluasi kelayakan planet sebagai tempat tinggal. Dengan demikian, instrumen terutama merepresentasikan kemampuan kognitif tingkat analisis dan evaluasi, bukan instrumen observasional atau kinerja yang secara khusus mengukur kolaborasi.

Data dianalisis melalui statistik deskriptif untuk memperoleh rerata, median, simpangan baku, nilai minimum, dan maksimum. Asumsi distribusi diuji dengan Shapiro–Wilk dan homogenitas varians dengan Levene. Karena asumsi terpenuhi, peningkatan dalam setiap kelompok dianalisis menggunakan paired-samples t-test, sedangkan efektivitas antarkelompok dianalisis menggunakan independent-samples t-test terhadap gain score. Gain dihitung sebagai selisih posttest dan pretest, sedangkan N-gain digunakan untuk menggambarkan proporsi peningkatan terhadap skor maksimum. Ukuran efek dihitung dengan Cohen's d menggunakan simpangan baku gabungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil deskriptif menunjukkan adanya peningkatan skor pada kedua kelompok, tetapi peningkatan kelompok eksperimen jauh lebih besar. Kelompok eksperimen memiliki rerata pretest 54,19 dan meningkat menjadi 86,19 pada posttest. Kelompok kontrol meningkat dari 56,94 menjadi 66,28. Perbedaan rerata awal antarkelompok relatif kecil, sedangkan setelah pembelajaran selisih rerata menjadi 19,91 poin.

Tabel 1. Statistik deskriptif skor pretest, posttest, gain, dan N-gain.

Kelompok	N	Pretest M (SD)	Posttest M (SD)	Gain M (SD)	N-gain M
Eksperimen	32	54.19 (8.05)	86.19 (4.97)	32.00 (8.93)	0.69
Kontrol	32	56.94 (8.41)	66.28 (6.33)	9.34 (9.23)	0.20

Uji asumsi menunjukkan bahwa seluruh skor pretest dan posttest berdistribusi normal. Nilai Shapiro–Wilk untuk eksperimen masing-masing sebesar .968 ($p=.440$) dan .967 ($p=.414$), sedangkan kelompok kontrol sebesar .982 ($p=.865$) dan .951 ($p=.157$). Uji Levene juga menunjukkan varians yang homogen pada pretest ($p=.789$), posttest ($p=.461$), dan gain score ($p=.299$). Dengan demikian, analisis parametrik dapat digunakan.

Tabel 2. Ringkasan uji asumsi.

Data	Uji	Statistik	p	Keputusan
Eksperimen pretest	Shapiro–Wilk	.968	.440	Normal
Eksperimen posttest	Shapiro–Wilk	.967	.414	Normal
Kontrol pretest	Shapiro–Wilk	.982	.865	Normal
Kontrol posttest	Shapiro–Wilk	.951	.157	Normal
Gain antarkelompok	Levene	1.097	.299	Homogen

Pada analisis dalam kelompok, peningkatan kelompok eksperimen dari 54,19 menjadi 86,19 signifikan, $t(31)=20,26$, $p<.001$. Kelompok kontrol juga mengalami peningkatan yang signifikan dari 56,94 menjadi 66,28, $t(31)=5,73$, $p<.001$. Namun, signifikansi dalam kelompok tidak dengan sendirinya menunjukkan bahwa intervensi lebih efektif; perbandingan gain antarkelompok memberikan bukti yang lebih langsung mengenai perbedaan efektivitas.

Tabel 3. Analisis peningkatan dalam kelompok.

Kelompok	M Pre	M Post	ΔM	$t(31)$	p
Eksperimen	54.19	86.19	32.00	20.26	<.001
Kontrol	56.94	66.28	9.34	5.73	<.001

Perbandingan gain menunjukkan perbedaan yang sangat kuat antara kelompok eksperimen ($M=32,00$; $SD=8,93$) dan kontrol ($M=9,34$; $SD=9,23$). Uji t independen menghasilkan $t(62)=9,98$, $p<.001$. Selisih rerata gain sebesar 22.66 poin dengan interval kepercayaan 95% 18.12 sampai 27.20. Cohen's $d=2.49$, yang termasuk kategori efek besar. Secara substantif, peserta didik yang mengikuti pembelajaran proyek IPAS terintegrasi STEM memperoleh peningkatan sekitar 3,4 kali lebih besar daripada kelompok kontrol berdasarkan rerata gain.

Tabel 4. Perbandingan efektivitas berdasarkan gain score.

Kelompok	Mean Gain	SD Gain	$t(62)$	p	95% CI selisih	Cohen's d
Eksperimen	32.00	8.93	9.98	<.001	18.12–27.20	2.49
Kontrol	9.34	9.23				

Besarnya peningkatan pada kelompok eksperimen sejalan dengan karakteristik PjBL-STEM yang menempatkan peserta didik sebagai pelaku utama proses investigasi dan desain. Ketika konsep sains dipelajari melalui masalah dan proyek, peserta didik memperoleh kesempatan untuk menghubungkan informasi, memilih strategi, menguji alternatif, dan menjelaskan alasan ilmiah. Temuan ini konsisten dengan Bell (2010), Tseng et al. (2013), dan Han et al. (2015) yang menekankan nilai autentisitas proyek dan aktivitas penyelesaian masalah dalam pembelajaran STEM. Kajian yang lebih baru juga menunjukkan bahwa PjBL-STEM berpotensi memperkuat kreativitas dan kompetensi abad ke-21 melalui pengalaman desain dan kerja kelompok (Kwon & Lee, 2025; Xu et al., 2025).

N-gain memberikan gambaran tambahan. Rerata N-gain kelompok eksperimen sebesar 0,69 berada pada kategori sedang-tinggi tergantung kriteria yang digunakan, sedangkan kelompok kontrol sebesar 0,20 berada pada kategori rendah. Perbedaan ini memperlihatkan bahwa efektivitas intervensi bukan hanya terlihat dari skor akhir, tetapi juga dari proporsi kemampuan yang berhasil ditingkatkan. Temuan tersebut mendukung argumentasi bahwa integrasi STEM perlu diwujudkan dalam rangkaian kegiatan yang benar-benar menghubungkan konsep, proses investigasi, dan desain solusi, bukan sekadar menambahkan teknologi atau proyek sebagai pelengkap (Kelley & Knowles, 2016; English, 2016; Subramaniam et al., 2023).

Dari perspektif pendidikan vokasi, hasil ini memiliki implikasi penting. Aktivitas proyek yang terstruktur dapat memberi konteks bagi peserta didik untuk menggunakan pengetahuan secara fungsional. Hal ini relevan dengan kebutuhan SMK yang menuntut kemampuan menerapkan konsep pada situasi baru. Kajian sistematis mengenai STEM menunjukkan bahwa problem solving, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas merupakan kompetensi yang sering muncul sebagai outcome penting pembelajaran terintegrasi (Halim, 2021; Cebrero, 2025; Winaryati et al., 2025).

KESIMPULAN

Desain pembelajaran proyek IPAS terintegrasi STEM menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran pembandingan berdasarkan peningkatan skor tes. Kelompok eksperimen meningkat dari $M=54,19$ menjadi $M=86,19$ dengan gain 32,00 dan N-gain 0,69, sedangkan kelompok kontrol meningkat dari $M=56,94$ menjadi $M=66,28$ dengan gain 9,34 dan N-gain 0,20. Perbedaan gain antarkelompok signifikan, $t(62)=9,98$, $p<.001$, dengan Cohen's $d=2,49$. Temuan ini mendukung penggunaan proyek terintegrasi STEM sebagai strategi pembelajaran IPAS yang kuat untuk meningkatkan kemampuan yang diukur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada SMK Negeri 1 Kemangkon, peserta didik yang terlibat dalam penelitian, serta pihak-pihak yang membantu pelaksanaan dan pengolahan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- A systematic review and meta-analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*.
<https://www.ejmste.com/article/the-effect-of-inquiry-based-learning-on-students-critical-thinking-skills-in-science-education-a-15988>
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Cebrero, J. D. (2025). 21st century skills and science achievement among secondary school students: A systematic review. *Journal of Turkish Science Education*.
<https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/2678>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Harding, S. M. E., Griffin, P. E., Awwal, N., Alom, B. M. M., & others. (2017). Measuring collaborative problem solving using mathematics-based tasks. *AERA Open*.
<https://doi.org/10.1177/2332858417728046>
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1089–1113. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>
- Halim, L. (2021). Mathematics teachers' practices of STEM education: A systematic literature review. *European Journal of Educational Research*, 10(3), 1541–1556. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.3.1541>
- Jiang, P., Ruan, X., Feng, Z., Jiang, Y., & Xiong, B. (2023). Research on online collaborative problem-solving in the last 10 years: Current status, hotspots, and outlook—A knowledge graph analysis based on CiteSpace. *Mathematics*, 11(10), 2353. <https://doi.org/10.3390/math11102353>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>

- Krstić, K., Nikitović, T., Altaras, A., & others. (2025). Toward an evidence-based framework for training students' collaborative problem-solving skills: Introducing and testing the PEER model. *Journal of Educational Psychology*. <https://psycnet.apa.org/fulltext/2026-09136-001.html>
- Kwon, H., & Lee, Y. (2025). A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity. *STEM Education*. <https://www.aimspress.com/aimspress-data/steme/2025/2/PDF/steme-05-02-014.pdf>
- Selimi, N., Berisha, F., & Vula, E. (2025). Enhancing high school students' mathematics achievement and skills development through integrated STEM-PBL: A collaborative action research study. *European Journal of Science and Mathematics Education*. <https://www.scimath.net/article/enhancing-high-school-students-mathematics-achievement-and-skills-development-through-integrated-17311>
- Subramaniam, V., Karpudewan, M., & Roth, W.-M. (2023). Unveiling the teachers' perceived self-efficacy to practice integrated STREaM teaching. *Asia-Pacific Education Researcher*. <https://doi.org/10.1007/s40299-022-00655-4>
- Tseng, K.-H., Chang, C.-C., Lou, S.-J., & Chen, W.-P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 87–102. <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9160-x>
- Winaryati, E., Wardat, Y., Setiawan, A., Iksan, Z. H., Rauf, R. A. A., & others. (2025). Developing 21st century skills through STEM-based lesson study and project-based approaches in chemistry education. *Educational Process: International Journal*. https://repository.unimus.ac.id/8673/1/files_1_articles_article_906_EDUPIJ_906_article_68f5698289a54.pdf
- Xu, T., Ge, X., Gao, Q., Lu, J., & others. (2025). The impact of STEAM project design on higher-order thinking: A meta-analysis. *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/02635143.2025.2533194>
- Zhong, B., Liu, X., Xia, L., & Sun, W. (2022). A proposed taxonomy of teaching models in STEM education: Robotics as an example. *SAGE Open*. <https://doi.org/10.1177/21582440221099525>
- Zhou, D., Li, H., Sima, Y. W., Han, Y., & Shi, F. (2026). Improving middle school students' collaborative problem-solving competence in project-based learning through instant feedback in science curriculum. *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2496427>
- Zhou, S., Dong, Z., Wang, H. H., & Chiu, M. M. (2025). A meta-analysis of STEM integration on student academic achievement. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10216-y>
- Wiratama, P. P., Dwandaru, W. S. B., & Kuswanto, H. (2025). Effectiveness of problem-based learning in enhancing critical thinking skills in science education: Meta-analysis. *Jurnal Eduscience*. <https://jurnal.ulb.ac.id/index.php/eduscience/article/view/6985>