Jurnal Pengabdian UNDIKMA:
Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat
https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jpu/index
Email: pengabdian@undikma.ac.id

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

Peningkatan Kompetensi STEM Siswa melalui Pembelajaran Berbasis Praktik dan Proyek pada Program Bina Talenta Indonesia

Fransiskus Xaverius Suryadi[1*], Tri Hannanto Saputra[2], Ratmono Hari Widyatmoko[3]
[1*,2]Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, [3]Teknologi Rekayasa Informatika Industri, Politeknik ATMI, Indonesia.
*Corresponding Author. Email: fx_suryadi@atmi.ac.id

Abstract: This community service program aims to enhance students' STEM competencies through hands-on and project-based learning activities under the 2026 Indonesian Talent Development Program (Bina Talenta Indonesia/BTI) in the STEM field. The program employed a training and mentoring approach that integrated conceptual reinforcement, practical activities, experiments, discussions, and project development focusing on energy and renewable energy. A total of 40 senior high school students from schools across the Greater Solo area participated in the program, which was organized into two classes and covered ten STEM modules. Learning outcomes were evaluated using 40 matched pairs of pretest and posttest scores based on a one-group pretest–posttest design. The assessment instrument consisted of 30 multiple-choice questions targeting cognitive levels C2 (understanding) and C3 (applying). Data were analyzed using descriptive statistics, a paired-samples t-test, the Wilcoxon signed-rank test, and effect size analysis. The results showed an increase in the mean score from 93.93 to 96.55, representing a gain of 2.62 points ($p = 0.008$; $dz = 0.44$). Achievement at the C3 cognitive level increased from 92.98% to 96.50%, whereas performance at the C2 level remained relatively stable. These findings provide a basis for strengthening project mentoring and improving the allocation of practical learning time in future STEM programs.

Article History:
Received: 12-09-2026
Reviewed: 24-10-2026
Accepted: 03-11-2026
Published: 20-11-2026

Key Words:
Bina Talenta Indonesia;
STEM Competency;
Practical Learning;
Project-Based Learning.

Abstrak: Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan kompetensi STEM siswa melalui pembelajaran praktik dan proyek dalam Program Bina Talenta Indonesia (BTI) 2026 bidang STEM. Pelaksanaan kegiatan menggunakan metode pelatihan dan pendampingan yang memadukan penguatan konsep, praktik, eksperimen, diskusi, serta pengembangan proyek bertema energi dan energi terbarukan. Sebanyak 40 siswa SMA/MA sederajat dari wilayah Solo Raya mengikuti kegiatan yang terbagi dalam dua kelas dan mencakup sepuluh modul STEM. Evaluasi pembelajaran dilakukan terhadap 40 pasangan data pre-test dan post-test menggunakan desain one-group pretest-posttest. Instrumen terdiri atas 30 soal pilihan ganda pada tingkat kognitif C2 dan C3. Analisis data meliputi statistik deskriptif, paired-samples t-test, uji Wilcoxon signed-rank, dan ukuran efek. Hasil menunjukkan kenaikan rata-rata skor dari 93,93 menjadi 96,55 atau 2,62 poin ($p = 0,008$; $dz = 0,44$). Capaian C3 meningkat dari 92,98% menjadi 96,50%, sedangkan C2 relatif stabil. Temuan ini menjadi dasar penguatan pendampingan proyek dan pengaturan waktu praktik dalam program STEM berikutnya.

Sejarah Artikel:
Diterima: 12-09-2026
Direview: 24-10-2026
Disetujui: 03-11-2026
Diterbitkan: 20-11-2026

Kata Kunci:
Bina Talenta Indonesia;
Kompetensi STEM;
Pembelajaran Praktik;
Pembelajaran Berbasis Proyek.

How to Cite: Suryadi, F. X., Saputra, T. H., & Widyatmoko, R. H. (2026). Peningkatan Kompetensi STEM Siswa melalui Pembelajaran Berbasis Praktik dan Proyek pada Program Bina Talenta Indonesia. *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, *7*(4), 1639-1649. https://doi.org/10.33394/jpu.v7i4.22842

https://doi.org/10.33394/jpu.v7i4.22842
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.

Jurnal Pengabdian UNDIKMA:
Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat
https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jpu/index
Email: pengabdian@undikma.ac.id

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

Pendahuluan

Pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) mengintegrasikan pengetahuan lintas bidang dengan pengalaman belajar aplikatif, kontekstual, kolaboratif, dan berorientasi pada pemecahan masalah. Tinjauan meta-analisis menunjukkan bahwa pendidikan STEM berkaitan dengan capaian belajar, kemampuan berpikir tingkat tinggi, dan hasil kognitif peserta didik, dengan efektivitas yang dipengaruhi karakteristik peserta dan pendekatan pembelajaran (Lu et al., 2025). Bukti efektivitas penerapan STEM juga dilaporkan pada konteks pembelajaran siswa di Asia (Wahono et al., 2020). Kebutuhan menghubungkan konsep dengan fenomena dan permasalahan nyata menjadikan *Project-Based Learning* (PjBL) relevan karena melibatkan penyelidikan, perancangan, pengujian, dan penyelesaian masalah hingga menghasilkan produk atau solusi. Meta-analisis Zhang dan Ma (2023) menunjukkan bahwa PjBL berkaitan dengan peningkatan hasil belajar, kemampuan berpikir, dan aspek afektif, sedangkan kajian Utomo et al. (2025) menempatkan STEM-PjBL sebagai pendekatan untuk mengembangkan kompetensi masa depan melalui perpaduan pengetahuan, keterampilan, dan pemecahan masalah.

Dalam *integrated STEM*, proyek menghubungkan dua atau lebih bidang STEM melalui persoalan autentik dan proses perancangan (McLure et al., 2022), sementara kajian Nurhayati et al. (2026) memetakan jenis proyek, strategi pembelajaran, dan asesmen dalam STEM-project-based learning. Karakteristik PjBL meliputi orientasi pada masalah, aktivitas ilmiah, kolaborasi, artefak atau produk, presentasi, dan refleksi (Markula & Aksela, 2022); integrasi STEM dan proyek memperkuat pengalaman belajar aplikatif (Roslina et al., 2022), dan proyek memberi ruang untuk merancang, melaksanakan, serta mengevaluasi kegiatan yang relevan dengan kehidupan nyata (Firdausi et al., 2025). Konteks program pembinaan talenta yang intensif dan berlangsung di luar pembelajaran reguler juga mendekati pembelajaran STEM informal. Meta-analisis terhadap 26 studi dengan 3.202 siswa menunjukkan bahwa *informal* STEM *project-based learning* berdampak positif terhadap capaian belajar, dengan pengaruh yang dipengaruhi metode pembelajaran, asesmen, ukuran kelompok, bidang kajian, dan durasi (Santhosh et al., 2023), sedangkan Xia et al. (2025) menegaskan relevansi konteks informal di luar sekolah bagi pengembangan pengalaman STEM.

Dari sisi desain pembelajaran, kajian Halawa et al. (2024) menunjukkan bahwa pendidikan STEM K-12 menggunakan beragam tujuan, desain pembelajaran, dan strategi intervensi; karena itu, efektivitas kegiatan bergantung pada keselarasan tujuan, aktivitas, asesmen, dan konteks. Aspek *engineering* memperkuat pendekatan proyek melalui tugas desain, pemecahan masalah, prototipe, dan model (Kidd et al., 2026), sedangkan *Engineering Design Process* banyak diterapkan melalui tantangan STEM, proyek, skenario masalah kontekstual, dan aktivitas teknologi untuk mengembangkan pemecahan masalah, berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, serta pemahaman konseptual (Astaño, 2025). Arah kajian tersebut juga tampak dalam pemetaan STEM-EDP (Syamsudin et al., 2025). PjBL dapat mendukung perubahan konseptual dalam pembelajaran sains (Haryono et al., 2026), memperluas penerapan konsep dan pengambilan keputusan melalui isu sosiosaintifik (Ningsih et al., 2026), serta meningkatkan hasil belajar IPA (Septianingsih et al., 2026). Kajian terbaru PjBL pada K-12 juga bergerak dari perbandingan model menuju analisis karakteristik desain, keterampilan, dan konteks implementasi (Erümit & Koçhan, 2026).

Berdasarkan kajian tersebut, pembelajaran STEM perlu memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menghubungkan konsep dengan penerapannya melalui praktik dan proyek. Kebutuhan ini menjadi relevan dalam Program Bina Talenta Indonesia (BTI)

Jurnal Pengabdian UNDIKMA:
Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat
https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jpu/index
Email: pengabdian@undikma.ac.id

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

2026 bidang STEM Level Dasar yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, dengan Politeknik ATMI Surakarta sebagai mitra penyelenggara. Program ini diikuti siswa SMA/MA sederajat yang telah melalui proses seleksi. Peserta memiliki latar belakang dan kemampuan awal yang beragam. Kondisi tersebut menjadi pertimbangan perlunya pembinaan yang tidak hanya berorientasi pada penyampaian materi, tetapi juga memberi pengalaman untuk memahami konsep, melakukan eksperimen, memecahkan masalah, dan mengembangkan proyek. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian dirancang melalui pembelajaran STEM berbasis praktik dan proyek dengan tema energi dan energi terbarukan.

Permasalahan dalam pembinaan talenta STEM bukan hanya penyampaian konsep, melainkan penyediaan pengalaman belajar yang memungkinkan siswa memahami, menerapkan, menguji, dan mendiskusikan konsep tersebut. Program Bina Talenta Indonesia (BTI) merupakan program pembinaan talenta yang diselenggarakan melalui kemitraan dengan perguruan tinggi; pada tahun 2026, Politeknik ATMI Surakarta menjadi mitra penyelenggara bidang STEM. Solusi yang diterapkan berupa pembelajaran berbasis praktik dan proyek melalui penguatan konsep, praktik, eksperimen, aktivitas proyek, diskusi, dan refleksi. Rangkaian tersebut selaras dengan karakter *project-based learning* yang menekankan masalah, aktivitas ilmiah, kolaborasi, produk, presentasi, dan refleksi (Markula & Aksela, 2022).

Program ini menyasar 40 siswa SMA/MA sederajat dari wilayah Solo Raya yang telah melalui proses seleksi dan dibagi menjadi dua kelas. Pembinaan ditujukan untuk memperkaya pengalaman belajar peserta dalam menerapkan konsep STEM melalui praktik, eksperimen, dan proyek. Kebutuhan kegiatan tidak didasarkan pada asumsi rendahnya kemampuan awal peserta, melainkan pada pentingnya penguatan penerapan konsep dalam konteks nyata. Hal ini menjadi dasar evaluasi menggunakan desain *one-group pretest-posttest* untuk mengidentifikasi perubahan capaian peserta secara berpasangan, termasuk berdasarkan level kognitif C2 dan C3 serta domain materi, sebagai bahan perbaikan program berikutnya.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengembangkan kompetensi STEM siswa melalui pembelajaran berbasis praktik dan proyek pada Program Bina Talenta Indonesia (BTI) 2026. Kegiatan diarahkan untuk memperkuat pemahaman konsep dan kemampuan penerapannya melalui praktik, eksperimen, diskusi, serta pengembangan proyek. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan skor *pre-test* dan *post-test*, menganalisis capaian berdasarkan level kognitif C2 dan C3, serta mengidentifikasi domain materi yang telah dikuasai dengan baik maupun yang masih memerlukan penguatan.

Metode Pengabdian

Kegiatan pengabdian menggunakan metode pelatihan dan pembinaan berbasis praktik (*learning by doing*) yang dipadukan dengan *Project-Based Learning* (PjBL). Pelaksanaan meliputi penyampaian materi, eksperimen melalui praktik langsung, studi kasus, diskusi kelompok, pengembangan proyek, dan refleksi. Pelaksanaan program melibatkan 18 dosen Politeknik ATMI Surakarta sebagai narasumber dan fasilitator pada dua kelas STEM Level Dasar. Penugasan disesuaikan dengan bidang materi dan jadwal sepuluh modul STEM. Dosen berperan menyampaikan materi, memfasilitasi diskusi, mendampingi praktik dan proyek, serta memberikan umpan balik untuk membantu peserta menerapkan konsep STEM dan mengembangkan kompetensinya. Evaluasi perubahan capaian dilakukan menggunakan desain *one-group pretest-posttest* O1 → X→ O2, dengan O1 sebagai *pre-test*, X sebagai pembelajaran berbasis praktik dan proyek, dan O2 sebagai *post-test*. Desain ini digunakan

Jurnal Pengabdian UNDIKMA:
Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat
https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jpu/index
Email: pengabdian@undikma.ac.id

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

untuk menggambarkan perubahan capaian pada kelompok peserta yang sama, bukan untuk membandingkan efektivitas kegiatan dengan kelompok kontrol.

Mitra kegiatan adalah Politeknik ATMI Surakarta sebagai mitra penyelenggara Program Bina Talenta Indonesia (BTI) 2026 bidang STEM.–Kegiatan dilaksanakan melalui tiga tahapan, yaitu perencanaan selama tiga bulan yang mencakup penyusunan materi dan persetujuan Puspresnas, pelaksanaan program selama tujuh hari (1-7 Juli 2026), serta evaluasi selama dua minggu. Pelaksanaan melibatkan 40 siswa SMA/MA sederajat dari sembilan di wilayah Solo Raya yang mengikuti pembelajaran sepuluh modul STEM, eksperimen, diskusi, kunjungan industri yang edukatif, Hackathon, dan *Project Exhibition*. Evaluasi capaian pembelajaran dilakukan menggunakan 40 pasangan data pre-test dan *post-test* peserta.

Rangkaian pembelajaran dirancang sebagai satu kesatuan, dengan penguatan konsep sebagai landasan pemahaman, praktik dan eksperimen sebagai jembatan antara konsep dan fenomena, serta proyek sebagai ruang penerapan, pemecahan masalah, dan desain. Diskusi dan refleksi digunakan untuk membantu peserta menafsirkan proses serta hasil pembelajaran. Rangkaian ini menghubungkan pengalaman konseptual dan aplikatif sebelum peserta mengikuti *post-test.*

Evaluasi menggunakan *pre-test* dan *post-test*, masing-masing terdiri atas 30 soal pilihan ganda. Materi meliputi energi, keterbatasan energi, energi terbarukan, PLTMH, PLTB, PLTP, sel surya, sel volta, bio-baterai, *biofuel*, elektrolisis, serta integrasi STEM dan energi terbarukan. Soal dikelompokkan ke dalam level kognitif C2 (memahami) dan C3 (menerapkan). Data respons diperoleh melalui Google Forms dan dipasangkan berdasarkan identitas peserta.

Analisis berdasarkan C2 dan C3 serta domain materi digunakan sebagai analisis deskriptif dan diagnostik karena komposisi butir *pre-test* dan *post-test* tidak seluruhnya identik. Dengan demikian, perubahan pada domain materi tidak diperlakukan sebagai gain yang sepenuhnya ekuivalen. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa jumlah peserta, rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, nilai maksimum, serta perubahan skor individu. Perubahan skor individu dihitung dengan persamaan:

$$\Delta X_i = X_{post,i} - X_{pre,i}$$

Peserta dikelompokkan menjadi meningkat, tetap, dan menurun.

Perbedaan skor *pre-test* dan *post-test* dianalisis menggunakan *paired-samples t-test* dengan taraf signifikansi 0,05. Uji Wilcoxon *signed-rank* digunakan sebagai analisis nonparametrik pendukung. Ukuran efek untuk data berpasangan dihitung dengan:

$$d_z = \frac{\bar{D}}{SD_D}$$

yaitu rata-rata selisih skor dibagi standar deviasi selisih skor (Lakens, 2013).

Analisis C2 dan C3 dilakukan berdasarkan persentase jawaban benar pada masing-masing kelompok butir. Analisis domain materi dilakukan untuk mengidentifikasi konsep dengan capaian relatif tinggi, konsep dengan capaian awal lebih rendah, serta materi yang memerlukan penguatan. Karena kegiatan menggunakan desain *one-group pretest- posttest* tanpa kelompok kontrol dan skor awal relatif tinggi, interpretasi diarahkan pada perubahan capaian setelah kegiatan, bukan klaim kausal.

Jurnal Pengabdian UNDIKMA:
Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat
https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jpu/index
Email: pengabdian@undikma.ac.id

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

Hasil Pengabdian dan Pembahasan

Pelaksanaan Pembelajaran Praktik dan Proyek

Program BTI bidang STEM dilaksanakan melalui kombinasi penyampaian konsep, praktik, eksperimen, diskusi, dan aktivitas berbasis proyek. Rangkaian tersebut memberikan kesempatan kepada peserta untuk menghubungkan konsep dengan fenomena dan permasalahan yang dapat diamati secara langsung. Karakteristik ini sejalan dengan PjBL yang menempatkan peserta sebagai pelaku aktif dalam proses penyelesaian masalah, kolaborasi, pembuatan artefak atau solusi, presentasi, dan refleksi (Markula & Aksela, 2022).

Dalam konteks *integrated* STEM, proyek dapat memberikan pengalaman autentik untuk menghubungkan beberapa bidang STEM melalui persoalan nyata (McLure et al., 2022). Aspek *engineering* dalam kegiatan tersebut tampak melalui kegiatan yang mengarahkan peserta untuk menggunakan pengetahuan, menguji gagasan, dan menyelesaikan persoalan. Hal ini sejalan dengan kajian Kidd et al. (2026) yang menunjukkan bahwa pengalaman *engineering* dalam pendidikan STEM K-12 banyak menempatkan peserta pada tugas desain, pemecahan masalah, pembuatan prototipe, dan pembangunan model.

Dengan demikian, pembelajaran pada kegiatan BTI tidak hanya menempatkan praktik dan proyek sebagai aktivitas tambahan, tetapi sebagai wahana untuk menghubungkan pengetahuan dengan pengalaman aplikatif. Praktik dan eksperimen sebelum proyek dapat dipandang sebagai jembatan antara pengetahuan konseptual dan proses penerapan. Pandangan ini sesuai dengan temuan Firdausi et al. (2025) bahwa PjBL memberi ruang bagi siswa untuk merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi proyek yang relevan dengan kehidupan nyata.

Konteks pelaksanaan BTI juga penting untuk dipertimbangkan. Kegiatan berlangsung dalam program pembinaan talenta yang bersifat intensif dan tidak sama dengan pembelajaran reguler di kelas. Santhosh et al. (2023) menunjukkan bahwa efektivitas *informal* STEM *project-based learning* dipengaruhi oleh metode pembelajaran, asesmen, ukuran kelompok, bidang kajian, dan durasi. Oleh karena itu, capaian kegiatan BTI perlu dipahami sebagai hasil dari kombinasi desain pembelajaran, karakteristik peserta, konteks program, dan instrumen evaluasi.

Pada tahap akhir pembelajaran, setiap kelompok peserta mengembangkan dan mempresentasikan artefak atau prototipe proyek bertema energi dan teknologi melalui kegiatan Hackathon dan *Project Exhibition*. Proses tersebut mencakup perakitan, penyusunan model, dan presentasi hasil proyek. Kegiatan ini menjadi sarana penerapan konsep STEM secara kolaboratif serta pengembangan kreativitas, komunikasi, dan pemecahan masalah.



Gambar 1. Pengembangan dan presentasi prototipe proyek STEM peserta pada kegiatan Hackathon dan *Project Exhibition*.

Jurnal Pengabdian UNDIKMA:
Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat
https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jpu/index
Email: pengabdian@undikma.ac.id

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

Sebanyak 18 dosen/narasumber Politeknik ATMI Surakarta terlibat dalam pembelajaran pada dua kelas STEM Level Dasar sesuai bidang materi dan jadwal penugasan. Peran mereka meliputi penyampaian materi, fasilitasi diskusi, pendampingan praktik dan proyek, serta pemberian umpan balik. Keterlibatan tersebut mendukung peserta dalam menerapkan konsep STEM, mengembangkan solusi, dan mempresentasikan prototipe pada kegiatan Hackathon dan *Project Exhibition*.

Evaluasi peserta berdasarkan 32 respons angket (80% dari 40 peserta) menunjukkan rata-rata penilaian 4,64 dari skala 5. Penilaian mencakup materi, narasumber, praktik, pengelolaan kegiatan, dampak pembelajaran, dan fasilitas. Aspek narasumber memperoleh rata-rata 4,63, sedangkan kegiatan praktik 4,54. Namun, kecukupan waktu praktik memperoleh skor relatif lebih rendah, yaitu 3,94. Masukan peserta juga menekankan perlunya perbaikan manajemen waktu dan penambahan durasi Hackathon. Temuan ini menjadi dasar evaluasi untuk penyempurnaan pelaksanaan program berikutnya.

Perubahan Skor Kompetensi STEM

Evaluasi terhadap 40 pasangan data menunjukkan perubahan rata-rata skor dari 93,93 pada *pre-test* menjadi 96,55 pada *post-test*. Statistik deskriptif disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik deskriptif skor *pre-test* dan *post-test* peserta

Statistik	*Pre-test*	*Post-test*
Jumlah pasangan data	40	40
Rata-rata	93,93	96,55
Standar deviasi	6,12	3,30
Minimum	75	87
Maksimum	100	100
Perubahan rata-rata	-	+2,62

Rata-rata skor meningkat sebesar 2,62 poin dan standar deviasi menurun dari 6,12 menjadi 3,30. Secara inferensial, *paired-samples t-test* menunjukkan perbedaan yang signifikan, $t(39) = 2{,}786$; $p = 0{,}008$. Uji Wilcoxon *signed-rank* sebagai analisis pendukung juga menghasilkan $p = 0{,}008$. Ukuran efek perubahan adalah $dz = 0{,}44$.

Temuan tersebut menunjukkan adanya perubahan capaian setelah kegiatan. Hasil ini searah dengan meta-analisis Zhang dan Ma (2023) yang melaporkan hubungan positif PjBL dengan hasil belajar, keterampilan berpikir, dan aspek afektif. Hasil tersebut juga konsisten dengan kajian Roslina et al. (2022) mengenai efektivitas STEM-PJBL dalam pendidikan fisika serta kajian Septianingsih et al. (2026) mengenai efektivitas PjBL terhadap hasil belajar IPA.

Namun, capaian awal peserta pada kegiatan ini sudah tinggi, yaitu 93,93, sehingga ruang peningkatan relatif terbatas. Dengan rata-rata awal yang mendekati nilai maksimum 100, perubahan sebesar 2,62 poin perlu dibaca dalam konteks adanya kemungkinan *ceiling effect*. Karena tidak terdapat kelompok kontrol, perubahan skor tidak dapat diatribusikan sepenuhnya kepada pembelajaran praktik dan proyek.

Penurunan standar deviasi dari 6,12 menjadi 3,30 secara deskriptif menunjukkan bahwa skor *post-test* lebih terkonsentrasi dibandingkan skor *pre-test*. Jarak performa antarpeserta pada pengukuran akhir tampak lebih kecil. Akan tetapi, penurunan variasi tersebut belum dapat ditafsirkan sebagai pemerataan kompetensi secara menyeluruh karena instrumen *pre-test* dan *post-test* tidak seluruhnya identik. Interpretasi yang lebih tepat adalah bahwa distribusi skor pada pengukuran akhir menjadi lebih rapat pada kelompok ini.

Ukuran efek $dz = 0{,}44$ memberikan informasi bahwa perubahan berpasangan memiliki besaran yang tidak dapat diabaikan secara praktis. Ukuran efek tersebut perlu

Jurnal Pengabdian UNDIKMA:
Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat
https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jpu/index
Email: pengabdian@undikma.ac.id

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

dibaca bersama kondisi *baseline* yang tinggi dan desain tanpa kelompok kontrol. Santhosh et al. (2023) menunjukkan bahwa ukuran efek dalam pembelajaran STEM informal dipengaruhi oleh moderator seperti metode pengajaran, asesmen, ukuran kelompok, bidang kajian, dan durasi. Oleh karena itu, perbandingan langsung ukuran efek kegiatan BTI dengan hasil meta-analisis tidak tepat dilakukan sebagai perbandingan efektivitas.

Perubahan Skor Individual

Analisis individual menunjukkan respons peserta yang tidak sepenuhnya seragam. Dari 40 pasangan data, 23 peserta (57,5%) mengalami peningkatan, 5 peserta (12,5%) memperoleh skor tetap, dan 12 peserta (30,0%) mengalami penurunan. Pola tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan rata-rata tidak berarti seluruh peserta mengalami peningkatan. Peserta dengan skor awal lebih rendah memiliki ruang peningkatan yang lebih besar, sedangkan peserta yang sejak awal mendekati skor maksimum menghadapi ruang peningkatan yang terbatas. Variasi individual perlu dibaca bersama dengan karakteristik butir dan skor awal peserta; penurunan skor individual tidak otomatis diperlakukan sebagai bukti bahwa pembelajaran tidak berhasil karena dapat dipengaruhi oleh karakteristik butir, tingkat kesulitan, konsentrasi peserta, dan perbedaan pengalaman sebelumnya.

Tabel 2. Distribusi perubahan skor peserta.

Perubahan skor	Jumlah	Persentase
Meningkat	23	57,5%
Tetap	5	12,5%
Menurun	12	30,0%
Total	40	100%

Analisis Berdasarkan Level Kognitif C2 dan C3

Tabel 3. Capaian berdasarkan level kognitif

Level kognitif	*Pre-test*	*Post-test*	Perubahan
C2	95,00%	94,50%	−0,50 pp
C3	92,98%	96,50%	+3,52 pp

Capaian C2 berada pada tingkat tinggi sejak awal, yaitu 95,00%, dan menjadi 94,50% pada *post-test*. Sebaliknya, C3 meningkat dari 92,98% menjadi 96,50%, atau sebesar 3,52 poin persentase. Pola ini menunjukkan bahwa perubahan relatif lebih terlihat pada kemampuan menerapkan konsep dibandingkan memahami konsep.

Temuan tersebut konsisten dengan karakter pendidikan STEM yang memberi ruang bagi penggunaan pengetahuan dalam konteks aplikatif. Umbrella review Lu et al. (2025) menunjukkan bahwa pendidikan STEM berkaitan dengan hasil kognitif dan higher-order thinking skills. Halawa et al. (2024) juga menunjukkan bahwa desain pembelajaran STEM melibatkan variasi tujuan dan strategi, sedangkan kajian praktik *engineering* menekankan desain, pemecahan masalah, prototipe, dan model sebagai praktik yang menonjol dalam pengalaman STEM K-12 (Kidd et al., 2026).

Peningkatan C3 dapat dipahami sebagai informasi yang sejalan dengan rancangan kegiatan, yaitu peserta tidak hanya menerima konsep, tetapi juga berlatih menghubungkan konsep dengan fenomena, melakukan eksperimen, dan menerapkannya melalui proyek. Meskipun demikian, pola C2-C3 dalam kegiatan ini bersifat deskriptif karena komposisi butir pre-test dan *post-test* tidak seluruhnya identik. Artikel ini tidak menyimpulkan hubungan kausal antara pembelajaran praktik-proyek dan peningkatan C3.

Jurnal Pengabdian UNDIKMA:
Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat
https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jpu/index
Email: pengabdian@undikma.ac.id

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

Analisis Berdasarkan Domain Materi

Tabel 4. Capaian berdasarkan domain materi

Domain materi	*Pre-test*	*Post-test*	Perubahan deskriptif
Energi	87,50%	96,88%	+9,38 pp
Sel Volta	75,83%	84,17%	+8,34 pp
Integrasi energi terbarukan	87,50%	100,00%	+12,50 pp
Keterbatasan energi	93,33%	100,00%	+6,67 pp
Integrasi STEM	93,75%	100,00%	+6,25 pp
Biofuel	98,75%	100,00%	+1,25 pp
Bio-baterai	99,17%	99,17%	0,00 pp
Elektrolisis	97,50%	95,00%	−2,50 pp
Sel surya	100,00%	90,83%	−9,17 pp

Catatan: Perbandingan berdasarkan domain materi bersifat deskriptif karena komposisi dan karakteristik butir pre-test dan *post-test* tidak seluruhnya identik.

Perubahan deskriptif terbesar terdapat pada domain integrasi energi terbarukan, diikuti energi dan Sel Volta. Sel Volta memiliki capaian awal paling rendah, yaitu 75,83%, dan menjadi 84,17% pada *post-test.* Temuan ini dapat digunakan sebagai informasi diagnostik untuk penguatan materi pada kegiatan berikutnya.

Secara pedagogis, konsep Sel Volta dapat diberikan melalui demonstrasi yang lebih eksplisit mengenai pasangan elektroda, aliran elektron, oksidasi-reduksi, serta hubungan antara proses kimia dan energi listrik. Penguatan melalui eksperimen, visualisasi, dan latihan pemecahan masalah dapat membantu peserta menghubungkan representasi makroskopis, mikroskopis, dan simbolik dari konsep tersebut.

Perbandingan domain materi perlu ditafsirkan secara hati-hati karena butir *pre-test* dan *post-test* tidak seluruhnya identik. Oleh sebab itu, perubahan pada domain tidak diperlakukan sebagai gain yang sepenuhnya ekuivalen. Secara khusus, persentase yang lebih rendah pada *post-test* untuk domain tertentu tidak langsung diartikan sebagai penurunan kompetensi.

Domain Sel Surya menunjukkan persentase *post-test* yang lebih rendah daripada pre-test. Temuan tersebut tidak boleh langsung dibaca sebagai penurunan kompetensi karena komposisi butir tidak seluruhnya identik. Hal ini menunjukkan pentingnya kesetaraan *blueprint* instrumen. Untuk evaluasi berikutnya, indikator kompetensi sebaiknya dipertahankan sama, sedangkan bentuk dan konteks soal dapat diubah. Dengan demikian, perubahan kemampuan dapat diinterpretasikan lebih kuat tanpa menjadikan soal *pre-test* dan *post-test* identik secara literal.

Penguatan Rancangan Evaluasi

Desain berpasangan memungkinkan setiap peserta dibandingkan dengan dirinya sendiri sehingga variasi kemampuan awal dapat diperhitungkan secara lebih langsung. Hasil inferensial diposisikan sebagai bukti perubahan skor dalam kelompok, bukan sebagai bukti kausalitas pembelajaran praktik dan proyek. Analisis C2 dan C3 berfungsi untuk menggambarkan perbedaan antara kemampuan memahami dan menerapkan konsep. Sementara itu, analisis domain materi digunakan secara diagnostik untuk mengidentifikasi materi yang perlu dipertahankan atau diperkuat pada kegiatan berikutnya.

Implikasi untuk Pengembangan Program BTI

Berdasarkan keseluruhan hasil, pengembangan Program BTI bidang STEM dapat diarahkan pada penguatan keterpaduan antara konsep, praktik, proyek, dan asesmen. Pertama, aktivitas proyek sebaiknya tetap diawali dengan penguatan konsep yang cukup sehingga

Jurnal Pengabdian UNDIKMA:
Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat
https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jpu/index
Email: pengabdian@undikma.ac.id

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

peserta memiliki pengetahuan yang diperlukan untuk melakukan desain dan pemecahan masalah. Kedua, praktik dan eksperimen perlu dirancang bukan hanya sebagai demonstrasi, tetapi sebagai aktivitas yang meminta peserta membuat prediksi, melakukan pengamatan, mencatat data, dan menjelaskan hasil.

Ketiga, proyek sebaiknya memiliki masalah pemicu yang jelas, kriteria keberhasilan, ruang iterasi, dan kesempatan untuk merefleksikan proses. Arah ini sesuai dengan kajian Astaño (2025), Kidd et al. (2026), dan Syamsudin et al. (2025) mengenai pentingnya proses desain, pemecahan masalah, prototipe, dan model dalam pembelajaran STEM.

Keempat, materi Sel Volta perlu memperoleh penguatan melalui demonstrasi, eksperimen, visualisasi oksidasi-reduksi, dan latihan pemecahan masalah. Kelima, evaluasi perlu menggunakan *blueprint* indikator dan tingkat kesulitan yang setara antara *pre-test* dan *post-test*. Keenam, asesmen pilihan ganda perlu dilengkapi dengan rubrik performa proyek dan bukti artefak agar capaian STEM tidak hanya dinilai melalui tes pengetahuan.

Tabel 5. Sintesis temuan evaluasi dan implikasinya bagi pengembangan kegiatan BTI.

Temuan evaluasi	Bukti utama	Implikasi pengembangan
Perubahan skor total	93,93 → 96,55; p = 0,008; dz = 0,44	Mempertahankan integrasi praktik-proyek dan memperkuat asesmen.
Variasi individual	57,5% meningkat; 12,5% tetap; 30,0% menurun	Mempertimbangkan kemampuan awal dan diferensiasi tantangan.
Level kognitif	C2: 95,00% → 94,50%; C3: 92,98% → 96,50%	Menambah aktivitas penerapan, pemecahan masalah, dan desain.
Domain materi	Sel Volta: 75,83% → 84,17%; integrasi energi terbarukan: +12,50 pp	Memperkuat konsep yang relatif menantang melalui eksperimen dan visualisasi.
Keterbatasan instrumen	Butir *pre-test* dan *post-test* tidak seluruhnya identik	Menggunakan *blueprint* indikator dan tingkat kesulitan yang setara.
Asesmen	Evaluasi utama menggunakan tes pilihan ganda	Menambahkan rubrik performa proyek dan bukti artefak.

Tabel 5 merangkum hubungan antara temuan evaluasi dan keputusan pengembangan program. Informasi tersebut menunjukkan bahwa evaluasi tidak hanya berfungsi untuk menentukan ada atau tidaknya perubahan skor, tetapi juga untuk mengidentifikasi aspek pembelajaran yang perlu dipertahankan dan diperbaiki. Pendekatan diagnostik semacam ini selaras dengan perkembangan kajian STEM yang semakin memperhatikan kesesuaian antara tujuan, aktivitas, asesmen, dan konteks pembelajaran (Halawa et al., 2024; Nurhayati et al., 2026).

Kesimpulan

Program pengabdian melalui BTI 2026 bidang STEM telah memberikan pengalaman pembelajaran aplikatif kepada 40 siswa SMA/MA sederajat melalui praktik, eksperimen, diskusi, dan pembelajaran berbasis proyek. Setiap kelompok berhasil mengembangkan dan mempresentasikan proyek pada kegiatan Hackathon dan *Project Exhibition*. Evaluasi terhadap 40 pasangan data menunjukkan peningkatan rata-rata skor dari 93,93 menjadi 96,55 dengan perbedaan signifikan (p = 0,008; dz = 0,44). Peningkatan relatif terlihat pada capaian C3, sedangkan C2 tetap berada pada tingkat tinggi. Hasil evaluasi peserta juga menunjukkan respons positif terhadap pelaksanaan program. Dengan demikian, integrasi praktik dan proyek dapat menjadi pendekatan pembinaan STEM untuk memberikan pengalaman penerapan konsep, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Temuan ini menjadi dasar penyempurnaan pembelajaran STEM dan evaluasi program pada pelaksanaan berikutnya.

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

Saran

Politeknik ATMI Surakarta dan penyelenggara BTI disarankan mempertahankan pembelajaran berbasis praktik dan proyek, serta menyediakan waktu lebih memadai untuk eksperimen dan Hackathon. Materi Sel Volta perlu diperkuat melalui demonstrasi, eksperimen, dan visualisasi agar pemahaman konsep peserta lebih optimal. Kegiatan berikutnya disarankan menggunakan instrumen *pre-test* dan *post-test* dengan indikator serta tingkat kesulitan yang setara. Evaluasi juga perlu dilengkapi rubrik penilaian kinerja proyek dan dokumentasi artefak untuk mengukur keterampilan peserta. Apabila memungkinkan, penggunaan kelompok pembanding dapat dipertimbangkan agar evaluasi dampak kegiatan lebih kuat.

Daftar Pustaka

Astaño, J. L. (2025). Trends and Challenges in the Classroom Implementation of Engineering Design Process (EDP): A Systematic Literature Review. *International Journal of Education Science*, *2*(1), 55–74.

Erümit, A. K., & Koçhan, A. (2026). A bibliometric analysis and systematic literature review of project based learning in K12 education. *Discover Education*, *5*(1), 1015. https://doi.org/10.1007/s44217-026-02150-0

Firdausi, N., Sugiharto, B., & Karyanto, P. (2025). *A Systematic Literature Review: Project-Based Learning to Empower Students' Science Process Skills*. *9*.

Halawa, S., Lin, T.-C., & Hsu, Y.-S. (2024). Exploring instructional design in K-12 STEM education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, *11*(1), 43. https://doi.org/10.1186/s40594-024-00503-5

Haryono, H. E., Jatmiko, B., Prahani, B. K., & Wahab, M. N. N. D. (2026). A systematic review of research on project-based learning in reducing misconceptions in Science Learning. *Journal of Curriculum Studies Research*, *8*(2), 428–452. https://doi.org/10.46303/jcsr.2026.39

Kidd, N., Tang, K.-S., & Lin, K.-Y. (2026). A systematic review of engineering practice in K-12 STEM studies. *Research in Science & Technological Education*, *44*(3), 1043–1067. https://doi.org/10.1080/02635143.2025.2561994

Lu, J., Si, H., Xu, J., & Xu, T. (2025). An overview of applications and trends of STEM for learning effectiveness——An umbrella review based on 22 meta-analyses. *Educational Research Review*, *48*, 100712. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100712

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), 2. https://doi.org/10.1186/s43031-021-00042-x

McLure, F. I., Tang, K.-S., & Williams, P. J. (2022). What do integrated STEM projects look like in middle school and high school classrooms? A systematic literature review of empirical studies of iSTEM projects. *International Journal of STEM Education*, *9*(1), 73. https://doi.org/10.1186/s40594-022-00390-8

Ningsih, W., Suwanto, F. R., & Fairuz, T. (2026). INTEGRATING PROJECT-BASED LEARNING WITH SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES IN SCIENCE EDUCATION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, *17*(1), 52–66. https://doi.org/10.26418/jpmipa.v17i1.100382

Vol. 7, No. 4 (November 2026)
E-ISSN : 2722-5097
Pg : 1639-1649

Nurhayati, H., Winarno, N., Rochintaniawati, D., Agustin, R. R., Prima, E. C., & Ahmad, N. J. (2026). Systematic Review of STEM-Project-based Learning in Science Education: Trends, Project Types, Future Research. *Science Education International*, *37*(2), 175–187.

Roslina, R., Samsudin, A., & Liliawati, W. (2022). Effectiveness of Project Based Learning Integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL): Systematic Literature Review (SLR). *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA*, *12*(1), 120–139. https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.11722

Santhosh, M., Farooqi, H., Ammar, M., Siby, N., Bhadra, J., Al-Thani, N. J., Sellami, A., Fatima, N., & Ahmad, Z. (2023). A Meta-Analysis to Gauge the Effectiveness of STEM Informal Project-Based Learning: Investigating the Potential Moderator Variables. *Journal of Science Education and Technology*, *32*(5), 671–685. https://doi.org/10.1007/s10956-023-10063-y

Septianingsih, S., Aulia, E. V., & Mahdiannur, M. A. (2026). EFEKTIVITAS PROJECT BASED LEARNING DALAM MENINGKATKAN HASIL BELAJAR IPA: SYSTEMATIC REVIEW. *PENSA E-JURNAL: PENDIDIKAN SAINS*, *14*(1), 47–51. https://doi.org/10.26740/pensa.v14i1.73156

Syamsudin, F. I., Wiyono, K., Patriot, E. A., Ismet, I., & Kamari, A. (2025). STEM-EDP Research Trends in Science Education: A Systematic Review from 2016 - 2025. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 65–82. https://doi.org/10.26740/jpps.v15n1.p65-82

Wahono, B., Lin, P.-L., & Chang, C.-Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, *7*(1), 36. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1