Manajemen Program *Technology Class* dalam Pembentukan Kompetensi Digital Siswa di SMP Muhammadiyah 2 Malang

Rania Nuril Hikmah*, Kunti Nafisatul Layyinah, Lailiah, Fiza Nur Rohmah, Richardo Baskara Putra, Risfani Nabila Nurdiyanti, Teguh Triwiyanto

Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia
*Corresponding author, email: rania.nuril.2301316@students.um.ac.id

https://doi.org/10.17977/2549-7774.006839

Article history
Submitted: 11 Agustus 2026
Revised: 08 September 2026
Accepted: 10 September 2026
Published: 30 Oktober 2026

Keywords
Digital Competence
Management
POAC
Qualitative Case Study
Technology Class

Abstract
Program pembelajaran berbasis teknologi memerlukan pengelolaan yang terarah untuk mendukung pengembangan kompetensi digital siswa. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan manajemen Program Technology Class di SMP Muhammadiyah 2 Malang berdasarkan fungsi perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, serta pengendalian dan evaluasi (POAC). Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan rancangan studi kasus. Data diperoleh melalui wawancara dengan tiga guru dan sepuluh siswa kelas VII–IX serta dokumentasi kegiatan pembelajaran, proyek teknologi, dan lembar kerja Arduino Nano serta pemrograman LED. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perencanaan program memadukan materi dasar, praktik, dan proyek, meskipun modul antarkelas masih relatif serupa. Pengorganisasian dilakukan melalui pembagian tugas guru dan penggunaan fasilitas secara bergiliran. Pelaksanaan pembelajaran menekankan praktik pemrograman, penggunaan mikrokontroler, dan pengerjaan proyek teknologi, disertai penyesuaian tugas serta pendampingan individual. Evaluasi dilakukan melalui tugas, praktik, dan penilaian pembelajaran yang bervariasi antarguru. Kegiatan tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk menerapkan pemrograman, menggunakan perangkat teknologi, memecahkan masalah, dan menghasilkan produk. Namun, kesinambungan kurikulum, ketersediaan fasilitas, serta penyelarasan evaluasi dan pemetaan kompetensi digital masih perlu diperkuat. Temuan ini menunjukkan bahwa pengelolaan program mendukung penyediaan pengalaman belajar yang relevan dengan pengembangan kompetensi digital siswa.

1. Introduction

Perkembangan teknologi digital telah mengubah cara masyarakat memperoleh informasi, berkomunikasi, belajar, dan menyelesaikan pekerjaan. Perubahan tersebut menuntut lembaga pendidikan untuk tidak hanya menyediakan akses terhadap perangkat digital, tetapi juga membekali siswa dengan kemampuan menggunakan teknologi secara efektif, kritis, aman, dan bertanggung jawab. Di Indonesia, Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII, 2024) melaporkan bahwa jumlah pengguna internet mencapai 221.563.479 orang dengan tingkat penetrasi sebesar 79,5%. Meskipun demikian, tingginya penetrasi internet tidak secara otomatis menunjukkan bahwa seluruh pengguna memiliki kompetensi digital yang memadai. Kompetensi digital mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang diperlukan untuk menggunakan teknologi dalam berbagai konteks kehidupan (Vuorikari et al., 2022). Oleh karena itu, pendidikan memiliki peran penting dalam menyediakan pengalaman belajar yang membantu siswa mengembangkan kemampuan digital secara terarah.

Pengembangan kompetensi digital perlu dipahami secara lebih luas daripada sekadar kemampuan mengoperasikan perangkat atau mengakses internet. Kompetensi tersebut juga mencakup kemampuan mengolah informasi, menciptakan konten digital, memecahkan masalah, serta menggunakan teknologi sesuai kebutuhan dan konteksnya (Vuorikari et al., 2022). Penelitian mengenai kompetensi digital siswa Indonesia menunjukkan pentingnya memperhatikan karakteristik siswa dan pola penggunaan internet dalam memahami variasi kompetensi digital (Prasetiyo et al., 2025). Kajian sistematis mengenai literasi digital di sekolah menengah juga menempatkan literasi digital sebagai bagian penting dari penguatan kurikulum dan kompetensi abad ke-21 (Haikal et al., 2026). Dengan demikian, sekolah perlu merancang pembelajaran yang tidak berhenti pada penggunaan teknologi, tetapi memberi kesempatan kepada siswa untuk menerapkan, mengevaluasi, dan menghasilkan sesuatu melalui teknologi.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

Salah satu pendekatan yang relevan adalah pembelajaran yang melibatkan pemrograman, berpikir komputasional, dan pengembangan produk teknologi. Berpikir komputasional membantu siswa menyelesaikan masalah melalui proses yang sistematis, seperti menguraikan masalah, mengenali pola, menyusun langkah penyelesaian, dan menguji solusi (Juldial & Haryadi, 2024; Tikva & Tambouris, 2021). Dalam konteks pendidikan menengah, pemrograman menggunakan perangkat seperti Arduino dapat menghubungkan konsep komputasi dengan praktik perakitan dan pengendalian perangkat fisik. Tinjauan sistematis Marín et al. (2024) membahas penerapan Arduino dalam pendidikan menengah serta peluangnya bagi pembelajaran pemrograman dan berpikir komputasional. Pengalaman semacam ini memberi ruang kepada siswa untuk memahami hubungan antara kode, komponen perangkat keras, dan fungsi produk yang dikembangkan.

Selain pemrograman, pembelajaran berbasis proyek dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk menerapkan pengetahuan dalam penyelesaian masalah yang konkret. Melalui kegiatan proyek, siswa dapat merencanakan pekerjaan, menyusun langkah penyelesaian, menguji hasil, memperbaiki kesalahan, dan menjelaskan produk yang dibuat. Meta-analisis Zhang et al. (2024) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek berkaitan dengan pengembangan berpikir komputasional siswa. Chen dan Hui (2024) juga mengkaji integrasi pembelajaran berbasis proyek dengan berpikir komputasional dalam pembelajaran STEM, sedangkan Saada dan Zainudin (2024) menelaah pendekatan pembelajaran yang menggabungkan kedua aspek tersebut. Temuan dari kajian-kajian tersebut memperkuat relevansi proyek teknologi sebagai pengalaman belajar, tetapi keberhasilannya tetap bergantung pada kesesuaian tujuan, aktivitas, pendampingan, dan evaluasi pembelajaran.

Pelaksanaan pembelajaran berbasis teknologi tidak cukup ditentukan oleh pemilihan perangkat dan metode pembelajaran. Integrasi teknologi dalam pendidikan juga dipengaruhi oleh kesiapan guru, kesesuaian teknologi dengan tujuan pembelajaran, ketersediaan sarana, serta dukungan lingkungan sekolah (Msambwa et al., 2024). Keterbatasan perangkat dan konektivitas dapat memengaruhi kesempatan siswa untuk mengikuti aktivitas digital secara merata (Afzal et al., 2023). Selain itu, integrasi berpikir komputasional ke dalam pembelajaran sekolah menuntut dukungan bagi guru dalam merancang dan melaksanakan kegiatan yang sesuai dengan konteks kelas (Liu et al., 2024). Dengan demikian, pembelajaran teknologi perlu dipandang sebagai program pendidikan yang membutuhkan pengelolaan terencana, mulai dari penentuan tujuan dan materi hingga pengaturan sumber daya serta pemantauan hasil pelaksanaannya.

Dalam perspektif manajemen pendidikan, pengelolaan program dapat dianalisis melalui fungsi perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, serta pengendalian dan evaluasi. Kerangka *Planning, Organizing, Actuating*, dan *Controlling* (POAC) yang dikaitkan dengan pemikiran George R. Terry dapat digunakan untuk menelaah bagaimana tujuan program diterjemahkan menjadi kegiatan, bagaimana tanggung jawab dan sumber daya diatur, bagaimana kegiatan dilaksanakan, serta bagaimana pelaksanaannya dipantau (Syahputra & Aslami, 2023). Penelitian mengenai manajemen program pendidikan telah membahas pengelolaan dalam konteks yang berbeda, antara lain program penguatan pendidikan karakter di sekolah dasar (Maisaro et al., 2018) dan program distance learning (Rosidah & Shofwan, 2023). Kajian tersebut memberi landasan untuk memahami pentingnya pengelolaan program, meskipun konteks dan sasaran program yang diteliti tidak sama dengan pembelajaran teknologi pada jenjang SMP.

Program Technology Class di SMP Muhammadiyah 2 Malang menjadi konteks yang relevan untuk mengkaji pengelolaan pembelajaran teknologi pada jenjang sekolah menengah pertama. Berdasarkan studi pendahuluan, program ini dibentuk atas inisiatif kepala sekolah untuk menghadirkan program khusus yang memberi siswa pengalaman belajar teknologi. Kegiatan dijadwalkan empat kali dalam seminggu, yaitu Senin hingga Kamis, dan dikelola oleh tiga guru. Materi dan kegiatan pembelajaran mencakup pengenalan perangkat keras dan perangkat lunak, penggunaan Arduino Nano, algoritma, pemrograman, serta pengerjaan proyek teknologi. Proyek yang pernah dikerjakan siswa antara lain tempat sampah otomatis berbasis sensor, prototipe presensi berbasis kartu, dan mobil kendali jarak jauh. Kegiatan tersebut memperlihatkan bahwa *Technology Class* menyediakan pengalaman belajar yang menghubungkan materi dasar dengan penerapan teknologi dalam bentuk produk.

Meskipun telah menyediakan kegiatan praktik dan proyek, studi pendahuluan mengidentifikasi sejumlah persoalan dalam pengelolaan program. Pertama, modul pembelajaran antarkelas masih relatif serupa dan terkadang berulang karena sebagian siswa memerlukan penguatan materi sebelumnya. Kedua, penggunaan fasilitas dan waktu praktik perlu diatur secara bergiliran. Ketiga, kemampuan siswa dalam memahami materi berbeda-beda sehingga guru menyesuaikan tingkat tugas dan memberikan pendampingan individual. Keempat, penilaian masih bervariasi antarguru dan sekolah belum memiliki instrumen bersama yang secara khusus digunakan untuk memetakan perkembangan kompetensi digital siswa. Kondisi ini penting diperhatikan karena integrasi teknologi yang efektif memerlukan keselarasan antara tujuan pembelajaran, kesiapan pelaksana, fasilitas, serta strategi evaluasi (Msambwa et al., 2024; Prasetiyo et al., 2025). Oleh sebab itu, keberadaan proyek teknologi perlu ditelaah bersama dengan cara program direncanakan, diorganisasikan, dilaksanakan, dan dievaluasi.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

Penelitian terdahulu memberikan dasar konseptual mengenai manajemen program pendidikan, kompetensi digital, dan pembelajaran berbasis proyek. Namun, fokus penelitian-penelitian tersebut berbeda: sebagian mengkaji pengelolaan program dalam konteks pendidikan tertentu (Maisaro et al., 2018; Rosidah & Shofwan, 2023), sebagian membahas kompetensi digital melalui tinjauan sistematis atau pengukuran (Wicaksono & Prasetiyo, 2023; Prasetiyo et al., 2025), dan sebagian lain menelaah pembelajaran berbasis proyek serta berpikir komputasional (Chen & Hui, 2024; Marín-Marín et al., 2024; Zhang et al., 2024). Berdasarkan penelusuran tersebut, penelitian ini memusatkan perhatian pada keterkaitan antara fungsi manajemen program dan pengalaman belajar teknologi dalam konteks *Technology Class* di SMP. Fokusnya bukan mengasumsikan bahwa belum pernah ada penelitian serupa, melainkan memahami secara kontekstual bagaimana keputusan manajerial diterapkan pada program pembelajaran teknologi dan aspek pengelolaan apa yang masih perlu diperkuat.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mendeskripsikan manajemen Program *Technology Class* di SMP Muhammadiyah 2 Malang berdasarkan fungsi *Planning, Organizing, Actuating*, dan *Controlling* (POAC), serta menjelaskan keterkaitan pengelolaan program dengan pengalaman belajar yang relevan dengan pengembangan kompetensi digital siswa. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan rancangan studi kasus untuk memahami praktik pengelolaan program berdasarkan informasi dari guru, siswa, dan dokumentasi yang tersedia. Kompetensi digital dalam penelitian ini dibahas melalui pengalaman belajar yang teridentifikasi, seperti penggunaan perangkat dan aplikasi, pemrograman, pemecahan masalah, serta pengerjaan proyek teknologi. Penelitian ini tidak dimaksudkan untuk mengukur besarnya peningkatan kompetensi digital siswa, tetapi untuk menjelaskan bagaimana pengelolaan program menyediakan pengalaman belajar yang relevan dan bagaimana perencanaan, sumber daya, pelaksanaan, serta evaluasi program dapat diperkuat.

2. Method

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan rancangan studi kasus untuk mendeskripsikan manajemen Program *Technology Class* dalam pengembangan kompetensi digital siswa di SMP Muhammadiyah 2 Malang. Studi kasus dipilih karena penelitian berfokus pada praktik pengelolaan program dalam konteks alamiahnya, bukan untuk menguji pengaruh atau mengukur peningkatan kompetensi secara kuantitatif (Yin, 2018). Analisis diarahkan pada fungsi perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, serta pengendalian dan evaluasi (POAC). Unit analisis penelitian adalah pengelolaan Program *Technology Class*, sedangkan pengalaman guru dan siswa digunakan untuk menjelaskan bagaimana fungsi-fungsi tersebut dijalankan dan bagaimana kegiatan program menyediakan pengalaman belajar yang relevan dengan kompetensi digital.

Informan penelitian terdiri atas tiga guru yang terlibat dalam pengelolaan dan pelaksanaan Program *Technology Class* serta sepuluh siswa SMP Muhammadiyah 2 Malang. Informan siswa meliputi tiga siswa kelas VII, empat siswa kelas VIII, dan tiga siswa kelas IX. Pemilihan informan dilakukan secara purposif berdasarkan keterlibatan mereka dalam program dan relevansi pengalaman mereka dengan fokus penelitian. Wawancara dengan guru menggali perencanaan materi, pembagian tugas, pengelolaan fasilitas, pelaksanaan pembelajaran, dan evaluasi; sedangkan wawancara siswa menggali pengalaman praktik dan proyek, penggunaan perangkat/aplikasi, pendampingan guru, serta kendala pembelajaran. Dengan melibatkan guru dan siswa dari tiga tingkat kelas, penelitian memperoleh perspektif dari pelaksana program dan peserta yang mengalami pembelajaran.

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara semi-terstruktur dan dokumentasi. Studi pendahuluan dilaksanakan pada 3 September 2026, wawancara dengan siswa pada 20 Oktober 2026, dan wawancara dengan guru pada 22 Oktober 2026. Pedoman wawancara disesuaikan dengan peran informan, tetapi tetap mengacu pada fokus POAC dan pengalaman belajar siswa. Izin pelaksanaan penelitian diperoleh dari pihak sekolah sebelum pengumpulan data. Informasi yang diperoleh digunakan untuk kepentingan penelitian dan identitas siswa tidak ditampilkan dengan nama lengkap dalam pelaporan. Karena informan mencakup siswa di bawah umur, ketentuan persetujuan orang tua/wali dan persetujuan partisipasi siswa perlu dilaporkan sesuai prosedur yang benar-benar diterapkan oleh peneliti dan persyaratan institusi/jurnal.

Dokumentasi digunakan untuk melengkapi dan mengontekstualisasikan keterangan wawancara, bukan sebagai bukti tunggal peningkatan kompetensi digital. Dokumen yang ditelaah mencakup foto proyek tempat sampah otomatis dan dokumen pembelajaran yang tersedia, termasuk lembar kerja Arduino Nano dan pemrograman LED. Analisis dokumentasi diarahkan pada materi, aktivitas praktik, dan produk teknologi yang berkaitan dengan keterangan informan. Informasi dokumenter kemudian dibandingkan dengan hasil wawancara untuk memeriksa kesesuaian konteks dan mengidentifikasi bagian yang memerlukan penjelasan lebih lanjut.

Analisis data dilakukan secara tematik dengan mengacu pada enam tahapan Braun dan Clarke (2006): memahami data, menghasilkan kode awal, mengelompokkan kode menjadi tema, meninjau tema, mendefinisikan dan menamai tema, serta menyusun laporan. Pada tahap awal, catatan dan transkrip wawancara

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

dibaca berulang untuk memahami keseluruhan pengalaman informan. Bagian yang relevan dengan fokus penelitian kemudian diberi kode ringkas berdasarkan makna yang muncul, misalnya "modul antarkelas serupa", "fasilitas digunakan bergiliran", "praktik pemrograman", "pendampingan individual", "penilaian berbeda antarguru", dan "belum ada instrumen pemetaan kompetensi digital". Kode-kode yang memiliki keterkaitan makna dikelompokkan ke dalam tema yang lebih luas, lalu ditata berdasarkan fungsi POAC: perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, serta pengendalian dan evaluasi. Tema ditinjau kembali dengan memeriksa apakah setiap kelompok kode memiliki kesamaan makna dan didukung oleh data yang tersedia.

Untuk membandingkan sumber data, keterangan guru dan siswa diperiksa berdasarkan isu yang sama, misalnya materi dan tahapan belajar, akses fasilitas, bentuk proyek, pendampingan, serta penilaian. Informasi yang sejalan digunakan untuk memperkuat deskripsi konteks, sedangkan perbedaan tidak langsung dianggap sebagai kesalahan salah satu pihak; perbedaan tersebut diperlakukan sebagai variasi perspektif yang perlu dijelaskan menurut peran dan pengalaman informan. Sebagai contoh, penjelasan guru mengenai proporsi praktik dan teori dibaca bersama pengalaman siswa tentang aktivitas yang benar-benar mereka kerjakan, sementara keterangan mengenai proyek diperiksa dengan dokumentasi yang tersedia. Apabila suatu informasi hanya muncul dari satu sumber atau tidak dapat dikonfirmasi melalui dokumentasi, informasi tersebut dilaporkan secara terbatas sebagai keterangan informan, bukan digeneralisasi sebagai fakta yang berlaku untuk seluruh program. Hasil akhirnya ditafsirkan dengan menghubungkan tema lapangan, kerangka POAC, dan literatur yang relevan.

3. Result and Discussion

3.1. Perencanaan Program: Tahapan Pembelajaran dan Penyetaraan Materi

Program *Technology Class* dibentuk atas inisiatif kepala sekolah yang melihat peluang untuk menghadirkan pengalaman belajar teknologi secara khusus pada jenjang SMP. Berdasarkan hasil wawancara, kegiatan program dijadwalkan pada hari Senin hingga Kamis dan dirancang melalui tahapan penguatan materi, penggunaan simulasi atau perangkat lunak, serta penerapan pengetahuan melalui proyek teknologi. Proyek yang pernah dikerjakan siswa meliputi tempat sampah otomatis berbasis sensor, prototipe presensi berbasis kartu, dan mobil kendali jarak jauh (*remote control*). Prototipe presensi berbasis kartu masih berada pada tahap pengembangan dan belum diterapkan sebagai sistem presensi sekolah.

Perencanaan materi belum sepenuhnya dibedakan berdasarkan jenjang kelas. Guru menjelaskan bahwa modul kelas VII, VIII, dan IX masih relatif serupa dan terkadang berulang karena sebagian siswa belum menguasai materi sebelumnya. Penguatan materi dasar dapat membantu siswa yang membutuhkan waktu lebih panjang, tetapi jika pengulangan tidak diikuti peta capaian per jenjang, siswa yang telah menguasai materi berisiko tidak memperoleh tantangan lanjutan yang memadai. Kesamaan modul juga menyulitkan sekolah menilai kemajuan program secara longitudinal karena perbedaan kompetensi yang diharapkan pada setiap tingkat kelas belum tergambar secara eksplisit. Karena itu, masalah utamanya bukan pengulangan itu sendiri, melainkan belum jelasnya hubungan antara prasyarat, capaian tiap jenjang, dan materi lanjutan.

Materi dasar yang diberikan kepada siswa mencakup penggunaan Arduino Nano dan pemrograman LED. Lembar kerja pembelajaran yang diperoleh dalam penelitian memuat kegiatan mengendalikan enam LED, membuat pola nyala ganjil-genap, serta menggunakan array untuk menyederhanakan penulisan program. Materi tersebut memperlihatkan bahwa pembelajaran diarahkan pada tujuan dan langkah kerja yang konkret, sehingga siswa tidak hanya mempelajari konsep, tetapi juga memperoleh kesempatan menerapkannya melalui praktik pemrograman.

Perencanaan pembelajaran juga terlihat dalam penyesuaian tugas berdasarkan kemampuan individual siswa. Guru menjelaskan bahwa siswa yang baru menguasai tahap tertentu dapat mengerjakan tahap tersebut terlebih dahulu, sedangkan siswa yang telah menguasainya dapat melanjutkan ke tahap berikutnya. Apabila siswa mengalami kesulitan, guru mengulang penjelasan dan menyesuaikan tugas sebelum siswa melanjutkan materi. Dengan demikian, perencanaan program tidak hanya berkaitan dengan penentuan materi, tetapi juga mencakup penyesuaian proses pembelajaran terhadap kebutuhan siswa.

Dalam perspektif POAC, fungsi perencanaan (*planning*) telah terlihat melalui penentuan materi, penggunaan perangkat, penyusunan aktivitas praktik, dan pengarahan pembelajaran menuju pengerjaan proyek. Meskipun demikian, keserupaan modul antarkelas menunjukkan perlunya pemetaan capaian pembelajaran secara bertahap. Pemetaan tersebut dapat membantu sekolah membedakan pengulangan yang bertujuan memperkuat pemahaman dari pengulangan yang terjadi karena belum tercapainya materi sebelumnya. Dalam kaitannya dengan pengembangan kompetensi digital, indikator seperti kemampuan merangkai komponen, menyusun kode, menjelaskan logika program, menguji fungsi, dan memperbaiki

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

kesalahan dapat dipertimbangkan sebagai acuan pengembangan pembelajaran. Indikator tersebut merupakan rekomendasi berdasarkan temuan penelitian, bukan instrumen yang telah diterapkan oleh sekolah.

3.2. Pengorganisasian: Pembagian Tugas Guru, Fasilitas, dan Jadwal

Program *Technology Class* dikelola oleh tiga guru dengan pembagian tanggung jawab berdasarkan kelas. Berdasarkan informasi wawancara, Bu Riris menangani kelas VII B, guru yang diwawancarai yakni Pak Dio menangani kelas VIII D, sedangkan Pak Hafid berperan sebagai koordinator kurikulum dan modul serta mengajar kelas IX dan VIII C. Pembagian tanggung jawab tersebut memungkinkan guru mendampingi kelompok siswa sesuai kelas yang menjadi tanggung jawabnya. Koordinasi program dilakukan melalui evaluasi yang biasanya berlangsung pada awal semester dan komunikasi tambahan ketika terdapat hal yang perlu dibahas bersama kepala sekolah.

Pengorganisasian program juga mencakup pengaturan fasilitas pembelajaran. Siswa umumnya membawa laptop masing-masing, sedangkan sekolah menyediakan akses Wi-Fi dan perangkat komputer yang dapat digunakan ketika diperlukan. Arduino Nano Kit digunakan sebagai perangkat praktik. Karena fasilitas tertentu tidak dapat digunakan oleh seluruh kelas secara bersamaan, pemanfaatannya diatur bergiliran. Pengaturan bergilir memungkinkan kegiatan tetap berlangsung ketika sumber daya terbatas, tetapi dapat mengurangi waktu praktik efektif apabila jadwal, jumlah perangkat, atau konektivitas tidak sebanding dengan kebutuhan kelas. Dampaknya bukan hanya teknis: kesempatan yang tidak merata untuk mencoba, menguji, dan memperbaiki program dapat menghasilkan pengalaman belajar yang berbeda antarsiswa. Oleh sebab itu, pemerataan akses perlu dipantau sebagai bagian dari pengelolaan program, bukan sekadar urusan sarana.

Meskipun demikian, ketersediaan fasilitas masih menjadi perhatian dalam pelaksanaan program. Siswa kelas VIII dan IX menyampaikan bahwa laptop dan jaringan Wi-Fi masih perlu ditingkatkan, terutama ketika mereka mengunduh atau menjalankan perangkat lunak yang digunakan dalam pembelajaran. Kondisi ini memperlihatkan bahwa kegiatan pembelajaran berbasis teknologi tidak hanya bergantung pada perencanaan materi dan pembagian tugas guru, tetapi juga pada kecukupan perangkat serta konektivitas yang tersedia. Hal ini sejalan dengan Afzal et al. (2023), yang membahas relevansi akses teknologi dalam mendukung kesempatan belajar digital.

Berdasarkan fungsi pengorganisasian (*organizing*), pengelolaan *Technology Class* telah mencakup pembagian tanggung jawab guru dan pengaturan penggunaan fasilitas. Namun, keterbatasan perangkat dan jaringan menunjukkan perlunya koordinasi sumber daya yang berkelanjutan. Pengorganisasian yang memadai dapat membantu siswa memperoleh kesempatan praktik yang lebih merata, terutama ketika pembelajaran menuntut penggunaan perangkat dan aplikasi secara langsung. Dengan demikian, pengorganisasian menjadi salah satu aspek manajemen yang memengaruhi pelaksanaan pengalaman belajar yang relevan dengan pengembangan kompetensi digital siswa.

3.3. Pelaksanaan: Praktik, Proyek, dan Pendampingan Sesuai Kebutuhan

Pelaksanaan Program *Technology Class* menekankan pembelajaran berbasis praktik dengan proporsi sekitar 70% praktik dan 30% teori, sebagaimana disampaikan oleh guru. Kegiatan pembelajaran meliputi demonstrasi melalui laptop yang disambungkan ke layar, penjelasan menggunakan papan tulis, pemberian contoh pemrograman, serta pengerjaan tugas secara bertahap. Pada kelas VII, pembelajaran masih berfokus pada pengenalan materi dasar, seperti pemrograman LED menggunakan Arduino Nano. Siswa mengikuti panduan yang tersedia sebelum mencoba mengembangkan program secara mandiri. Sementara itu, siswa kelas VIII dan IX telah memperoleh pengalaman pembelajaran yang lebih beragam, termasuk pemrograman, penggunaan aplikasi pendukung, dan pengerjaan proyek teknologi.

Hasil wawancara dengan siswa menunjukkan bahwa pengalaman belajar dalam *Technology Class* mencakup penggunaan perangkat lunak, penyusunan kode, perakitan komponen, dan pengembangan produk teknologi. Siswa kelas VIII menceritakan keterlibatan mereka dalam pembuatan mobil kendali jarak jauh dan tempat sampah otomatis. Proyek mobil dikerjakan secara berkelompok, sedangkan proyek tempat sampah otomatis melibatkan siswa dari kelas VIII C dan VIII D. Menurut keterangan siswa, ide proyek diarahkan oleh guru dan sekolah, sementara siswa terlibat dalam proses pembuatannya dengan bimbingan. Dalam menghadapi kesulitan, siswa biasanya bertanya kepada teman terlebih dahulu sebelum meminta bantuan guru. Pengalaman tersebut menunjukkan adanya keterlibatan siswa dalam penerapan materi melalui kegiatan praktik dan penyelesaian tugas berbasis proyek.

Dalam proses pengerjaan proyek, siswa tidak hanya mengikuti instruksi yang diberikan, tetapi juga terlibat dalam penerapan langkah-langkah teknis sesuai dengan tujuan produk yang dibuat. Kegiatan tersebut menuntut siswa memahami hubungan antara komponen perangkat keras dan program yang digunakan agar teknologi dapat berfungsi sesuai rancangan. Berdasarkan hasil wawancara, keterlibatan siswa dalam proyek memberikan pengalaman untuk menerapkan materi yang telah dipelajari melalui praktik secara langsung. Hal

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek menjadi salah satu bentuk pelaksanaan *Technology Class* yang menghubungkan pemahaman dasar teknologi dengan penerapannya dalam menghasilkan produk.



Gambar 1. Proyek Tempat Sampah Otomatis pada Program Technology Class

Sumber: Dokumentasi penelitian, 2026.

Pengalaman pembelajaran siswa kelas IX juga mencakup penggunaan Scratch untuk membuat permainan serta pemanfaatan Arduino yang dihubungkan dengan telepon seluler melalui Blynk dan Wi-Fi untuk mengendalikan mobil. Dalam pengerjaan proyek, siswa perlu mempertimbangkan penempatan sensor, servo, dan rangkaian kabel sebelum menyusun program. Siswa menyesuaikan cara pengerjaan dengan tingkat kesulitan tugas, yaitu bekerja secara individu untuk proyek sederhana dan berkelompok untuk proyek yang lebih kompleks. Salah seorang siswa kelas IX mengungkapkan, "Dulu itu aku Scratch cuma bisa gerakin kanan-kiri doang. Sekarang bisa bikin satu game penuh" (wawancara siswa kelas IX, 20 Oktober 2026). Pernyataan tersebut menggambarkan persepsi siswa mengenai perkembangan pengalaman pemrogramannya selama mengikuti pembelajaran *Technology Class*.

Selain pembelajaran berbasis praktik dan proyek, guru menerapkan pendampingan individual bagi siswa yang mengalami kesulitan. Pendampingan dilakukan di dalam jam pembelajaran yang sama ketika siswa lain mengerjakan tugas atau proyek. Guru menjelaskan kembali materi secara bertahap dan menyesuaikan tugas dengan kemampuan masing-masing siswa. Guru menyampaikan, "Kalau misalkan anak si A, dia mampunya baru di step nomor lima, sedangkan materi sekarang di step sepuluh, maka saya menyesuaikan yang anaknya itu" (wawancara guru, 22 Oktober 2026). Guru juga menyebut pendekatan tersebut sebagai "*private*", yaitu pemberian penjelasan secara individual sampai siswa memahami tahap pembelajaran yang sedang dikerjakan. Selain itu, guru memanfaatkan tutor sebaya dan presentasi untuk memberikan kesempatan kepada siswa menjelaskan materi atau membantu teman yang mengalami kesulitan.

Pengalaman siswa dalam mengikuti pembelajaran juga menunjukkan perbedaan preferensi terhadap pengerjaan tugas individu dan kelompok. Siswa kelas VII cenderung menyukai tugas individu karena merasa pembagian pekerjaan dalam kelompok sebelumnya belum selalu merata. Sebaliknya, wawancara dengan siswa kelas VIII menunjukkan bahwa kerja kelompok digunakan dalam pengerjaan proyek teknologi. Perbedaan tersebut memperlihatkan bahwa pelaksanaan pembelajaran melibatkan bentuk kerja yang beragam dan disesuaikan dengan karakteristik tugas. Dalam kegiatan tertentu, siswa memperoleh kesempatan untuk mengerjakan tugas secara mandiri, sedangkan proyek yang lebih kompleks melibatkan pembagian pekerjaan dan interaksi dengan teman.

Ditinjau dari pengembangan kompetensi digital, kegiatan pembelajaran tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk menggunakan perangkat dan aplikasi digital, menyusun program, merakit komponen, menguji fungsi, serta memecahkan masalah selama pengerjaan tugas dan proyek. Pengalaman tersebut relevan dengan kompetensi digital yang mencakup pengetahuan dan keterampilan dalam penggunaan teknologi, sebagaimana dijelaskan dalam kerangka DigComp (Vuorikari et al., 2022). Meskipun demikian, temuan penelitian ini menggambarkan bentuk pengalaman belajar dan persepsi siswa selama mengikuti program, bukan hasil pengukuran menyeluruh terhadap tingkat penguasaan kompetensi digital mereka. Oleh karena itu, pelaksanaan *Technology Class* dapat dipahami sebagai penyediaan pengalaman belajar yang relevan

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

dengan pengembangan kompetensi digital, yang masih perlu didukung oleh capaian pembelajaran bertahap dan evaluasi yang lebih terarah.

3.4. Pengendalian dan Evaluasi: Pemantauan Pembelajaran dan Keterbatasan Instrumen

Pengendalian pembelajaran dilakukan melalui pemeriksaan tugas praktik, penilaian harian, tugas harian, dan UAS. Guru menjelaskan bahwa penilaian dapat berupa teori maupun praktik, bergantung pada materi yang diajarkan. Pemahaman siswa juga diamati melalui keberhasilan menyelesaikan tugas, presentasi, dan penjelasan kepada teman. Ketika siswa belum mampu menyelesaikan tahap tertentu, guru mengulang penjelasan atau menyesuaikan tugas sebelum siswa melanjutkan pembelajaran. Praktik tersebut menunjukkan bahwa pengendalian pada tingkat kelas dilakukan melalui pemantauan proses dan pemberian tindak lanjut, meskipun bentuk penilaiannya belum seragam antarguru.

Pada tingkat program, hasil penelitian menunjukkan bahwa belum terdapat instrumen bersama yang secara khusus digunakan untuk memetakan kompetensi digital siswa. Guru menggunakan bentuk dan cara penilaian yang berbeda sesuai pelaksanaan pembelajaran di kelas masing-masing. Pengenalan atau pemaparan hasil proyek dapat memberikan gambaran mengenai produk yang dihasilkan siswa, tetapi belum cukup untuk menggambarkan keseluruhan kompetensi digital mereka. Demikian pula, prototipe presensi berbasis kartu masih berada pada tahap pengembangan dan belum diterapkan sebagai sistem presensi sekolah.

Temuan tersebut menunjukkan perbedaan antara evaluasi pembelajaran dan evaluasi program. Penilaian harian membantu guru memantau penyelesaian tugas dan pemahaman materi tertentu, sedangkan evaluasi program memerlukan informasi yang lebih luas mengenai ketercapaian tujuan, kesinambungan materi antarkelas, kecukupan fasilitas, partisipasi siswa, dan tindak lanjut hasil evaluasi. Tanpa indikator bersama, nilai tugas atau keberhasilan produk sulit dibandingkan antarkelas dan belum cukup untuk menggambarkan perkembangan kompetensi digital secara menyeluruh. Hal ini sejalan dengan Prasetiyo et al. (2025), yang menekankan perlunya penilaian kompetensi digital secara terstruktur, tetapi konteks penelitian ini menunjukkan persoalan yang lebih awal, yaitu belum adanya pemetaan bersama pada tingkat program. Dengan demikian, penyelarasan evaluasi tidak harus dimulai dari tes besar; sekolah dapat memulai dengan rubrik tugas yang disepakati, indikator per jenjang, dan catatan perkembangan yang ditinjau bersama.

Sebagai implikasi praktis, pengelola program dapat mempertimbangkan rubrik perkembangan berbasis tugas dengan indikator yang dapat diamati, seperti kemampuan mengenali dan menghubungkan komponen, membaca atau memodifikasi kode, menjelaskan urutan algoritma, menguji dan memperbaiki kesalahan, menjelaskan solusi, serta mendokumentasikan dan mempresentasikan hasil. Indikator tersebut merupakan rekomendasi yang diturunkan dari aktivitas pembelajaran dalam penelitian ini, bukan instrumen tervalidasi atau alat ukur yang telah digunakan oleh sekolah.

Dalam kerangka POAC, fungsi pengendalian (*controlling*) berperan menghubungkan hasil pelaksanaan dengan perbaikan perencanaan. Informasi mengenai kesulitan siswa, kendala jaringan, kebutuhan perangkat, dan perbedaan kemampuan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk menata ulang materi, alokasi waktu, penggunaan fasilitas, dan bentuk pendampingan. Dengan demikian, evaluasi tidak hanya berfokus pada penyelesaian proyek, tetapi juga dapat diarahkan pada pemahaman siswa selama proses pengerjaan serta perbaikan yang diperlukan dalam pelaksanaan berikutnya.

3.5. Sintesis Lintas Fungsi POAC dan Keterkaitan dengan Kompetensi Digital

Secara keseluruhan, pengelolaan Program *Technology Class* memperlihatkan keterkaitan antara empat fungsi manajemen. Perencanaan menentukan materi, tahapan pembelajaran, dan arah pengerjaan proyek. Pengorganisasian mengatur pembagian tanggung jawab guru serta pemanfaatan fasilitas. Pelaksanaan menerjemahkan rencana melalui demonstrasi, praktik pemrograman, perakitan komponen, dan pengerjaan proyek. Sementara itu, pengendalian dan evaluasi dilakukan melalui pemeriksaan tugas, penilaian, presentasi, tutor sebaya, serta pendampingan ulang bagi siswa yang mengalami kesulitan.

Keterkaitan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan kompetensi digital dalam *Technology Class* tidak hanya berhubungan dengan penggunaan perangkat, tetapi juga dengan pengelolaan kesempatan belajar yang diberikan kepada siswa. Berdasarkan hasil penelitian, pengalaman belajar yang relevan dengan kompetensi digital dapat dikelompokkan menjadi tiga bentuk. Pertama, pengalaman operasional, yaitu penggunaan perangkat dan aplikasi seperti Arduino Nano, Arduino IDE, Scratch, dan Blynk. Kedua, pengalaman pemecahan masalah, yaitu mengidentifikasi kendala rangkaian, mengatur sensor atau servo, menyusun kode, dan menguji hasil. Ketiga, pengalaman menghasilkan produk, yaitu mengembangkan proyek teknologi dengan fungsi tertentu, seperti tempat sampah otomatis dan prototipe presensi berbasis kartu.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

Ketiga bentuk pengalaman tersebut berkaitan dengan aspek penggunaan teknologi, pembuatan produk, dan pemecahan masalah sebagaimana dibahas dalam kerangka kompetensi digital (Vuorikari et al., 2022). Namun, penelitian ini tidak mencakup pengujian seluruh area DigComp, seperti keamanan digital, literasi informasi, dan komunikasi digital. Oleh karena itu, keterkaitan yang dibahas dibatasi pada aspek kompetensi digital yang relevan dengan aktivitas pembelajaran yang ditemukan di lapangan.

Dari sisi manajemen, temuan penelitian memperlihatkan sejumlah aspek yang mendukung pelaksanaan program, antara lain pembelajaran berbasis praktik, pengerjaan proyek, penyesuaian tugas, serta pendampingan individual. Pada saat yang sama, masih terdapat aspek yang perlu diperkuat, yaitu kesinambungan materi antarkelas, ketersediaan fasilitas, dan penyelarasan evaluasi. Ketiga aspek tersebut saling berkaitan karena materi yang berjenjang memerlukan capaian pembelajaran yang jelas, fasilitas yang memadai diperlukan untuk memberi kesempatan praktik, sedangkan evaluasi yang selaras dapat membantu guru memantau proses belajar secara lebih konsisten.

Kesenjangan penelitian terletak pada keterkaitan antara pengelolaan program dan pengalaman belajar yang relevan dengan kompetensi digital siswa. Penelitian manajemen program pendidikan seperti Maisaro et al. (2018) dan Rosidah dan Shofwan (2023) memberi contoh pengelolaan dalam konteks program yang berbeda, tetapi tidak secara langsung menjelaskan persoalan pembelajaran pemrograman dan penggunaan perangkat fisik di kelas teknologi SMP. Sebaliknya, kajian kompetensi digital seperti Prasetiyo et al. (2025) dan Wicaksono dan Prasetiyo (2023) membantu menjelaskan kerangka atau pemetaan kompetensi, tetapi tidak berfokus pada bagaimana pengaturan guru, fasilitas, dan urutan materi membentuk kesempatan belajar dalam satu program sekolah. Kontribusi penelitian ini bukan membuktikan peningkatan kompetensi digital, melainkan memperlihatkan hubungan kontekstual antara keputusan manajerial, kesempatan praktik, pendampingan, dan keterbatasan evaluasi pada *Technology Class*.

Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada penjelasan mengenai bagaimana fungsi manajemen diterapkan dalam program pembelajaran teknologi dan bagaimana penerapannya menyediakan pengalaman belajar yang relevan dengan pengembangan kompetensi digital siswa. Temuan juga menunjukkan bahwa keberlanjutan program memerlukan penyelarasan antara tujuan pembelajaran, tahapan materi, fasilitas, dan evaluasi. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi sekolah dalam memperkuat pengelolaan *Technology Class*, terutama dalam menyusun capaian pembelajaran bertahap dan mengembangkan evaluasi yang lebih konsisten.

4. Conclusion

Penelitian ini menunjukkan bahwa manajemen Program *Technology Class* di SMP Muhammadiyah 2 Malang dilaksanakan melalui empat fungsi POAC yang saling berkaitan. Perencanaan program mencakup penguatan materi dasar dan kegiatan proyek, meskipun materi antarkelas masih relatif serupa. Pengorganisasian dilakukan melalui pembagian tanggung jawab guru dan pengaturan penggunaan fasilitas secara bergiliran. Pada tahap pelaksanaan, pembelajaran menekankan praktik pemrograman, penggunaan mikrokontroler, pengerjaan proyek teknologi, serta pendampingan individual sesuai kebutuhan siswa. Sementara itu, pengendalian dan evaluasi dilakukan melalui tugas, praktik, dan penilaian pembelajaran, tetapi penerapannya masih bervariasi antarguru. Kegiatan praktik, pemrograman, pemecahan masalah, dan pengerjaan proyek menyediakan pengalaman belajar yang relevan dengan pengembangan kompetensi digital siswa. Namun, kesinambungan materi antarkelas, ketersediaan fasilitas, dan penyelarasan evaluasi masih perlu diperkuat. Oleh karena itu, sekolah dapat mempertimbangkan penyusunan capaian pembelajaran secara bertahap, koordinasi evaluasi antarguru, serta penggunaan indikator bersama untuk memantau proses belajar siswa. Kesimpulan ini terbatas pada pengelolaan program dan pengalaman belajar yang teridentifikasi melalui wawancara serta dokumentasi, sehingga tidak dimaksudkan sebagai bukti kuantitatif peningkatan kompetensi digital siswa.

Author Contributions

Seluruh penulis memiliki kontribusi yang sama terhadap artikel. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir artikel.

Funding

Tidak ada dukungan pendanaan yang diterima.

Declaration of Conflicting Interests

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepenulisan, dan/atau publikasi artikel ini.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

Ethics and Consent Declarations

Izin pelaksanaan penelitian diperoleh dari pihak SMP Muhammadiyah 2 Malang.

Data Availability

Data wawancara tidak disertakan secara terbuka karena memuat keterangan partisipan dalam konteks sekolah. Data pendukung dapat dipertimbangkan untuk dibagikan dalam bentuk yang telah dianonimkan, sepanjang sesuai dengan izin penelitian dan perlindungan privasi partisipan.

Declaration on AI Use

Penulis menyatakan tidak menggunakan AI atau alat berbantuan AI dalam penyusunan naskah ini.

References

Afzal, A., Khan, S., Daud, S., Ahmad, Z., & Butt, A. (2023). Addressing the digital divide: Access and use of technology in education. Journal of Social Sciences Review, 3(2), 883–895. https://doi.org/10.54183/jssr.v3i2.326

Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. (2024, February 7). APJII jumlah pengguna internet Indonesia tembus 221 juta orang. https://apjii.or.id/berita/d/apjii-jumlah-pengguna-internet-indonesia-tembus-221-juta-orang

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Chen, J., & Hui, J. (2024). Put two and two together: A systematic review of combining computational thinking and project-based learning in STEM classrooms. STEM Education Review, 2(1), stemer20230470. https://doi.org/10.54844/stemer.2023.0470

Haikal, A., Pertiwi, A. E. B., Afrinadya, I., Marthaliakirana, A. D., & Usman, U. (2026). Systematic literature review: Peran literasi digital dalam penguatan kurikulum pembelajaran abad ke-21 di sekolah menengah. Paedagogie, 21(1), 65–74. https://doi.org/10.31603/paedagogie.v21i1.15638

Juldial, T. U. H., & Haryadi, R. (2024). Analisis keterampilan berpikir komputasional dalam proses pembelajaran. Jurnal Basicedu, 8(1), 136–144. https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i1.6992

Liu, Z., Gearty, Z., Richard, E., Orrill, C. H., Kayumova, S., & Balasubramanian, R. (2024). Bringing computational thinking into classrooms: A systematic review on supporting teachers in integrating computational thinking into K-12 classrooms. International Journal of STEM Education, 11, Article 51. https://doi.org/10.1186/s40594-024-00510-6

Maisaro, A., Wiyono, B. B., & Arifin, I. (2018). Manajemen program penguatan pendidikan karakter di sekolah dasar. JAMP: Jurnal Administrasi dan Manajemen Pendidikan, 1(3), 302–312. https://doi.org/10.17977/um027v1i32018p302

Marín-Marín, J.-A., García-Tudela, P. A., & Duo-Terrón, P. (2024). Computational thinking and programming with Arduino in education: A systematic review for secondary education. Heliyon, 10(8), Article e29177. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29177

Msambwa, M. M., Daniel, K., & Lianyu, C. (2024). Integration of information and communication technology in secondary education for better learning: A systematic literature review. Social Sciences & Humanities Open, 10, Article 101203. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101203

Prasetiyo, W. H., Sari, B. I., Saputri, R. N., Naidu, N. B. M., Triyanto, T., & Dewantara, J. A. (2025). Assessing digital competence in Indonesian students: Demographic and Internet usage factors through the Rasch Model. Journal of E-Learning and Knowledge Society, 21(2), 1–17. https://doi.org/10.20368/1971-8829/1135991

Rosidah, T. S. D., & Shofwan, I. (2023). Manajemen program distance learning berbasis se-Tara Daring di Homeschooling Anugrah Bangsa Semarang. Diklus: Jurnal Pendidikan Luar Sekolah, 7(2), 141–155. https://doi.org/10.21831/diklus.v7i2.66008

Saada, A., & Zainudin, S. (2024). A review of teaching and learning approach in implementing project-based learning (PBL) with computational thinking (CT). Interactive Learning Environments, 32(10), 7622–7646. https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2328280

Syahputra, R. D., & Aslami, N. (2023). Prinsip-prinsip utama manajemen George R. Terry. Manajemen Kreatif Jurnal, 1(3), 51–61. https://doi.org/10.55606/makreju.v1i3.1615

Tikva, C., & Tambouris, E. (2021). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature review. Computers & Education, 162, Article 104083. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083

Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). DigComp 2.2: The digital competence framework for citizens: With new examples of knowledge, skills and attitudes. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/115376

Wicaksono, R. B., & Prasetiyo, W. H. (2023). Digital competence for students in the networking society 5.0: A systematic review. Jurnal Civics: Media Kajian Kewarganegaraan, 20(2), 412–425. https://doi.org/10.21831/jc.v20i2.51673

Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6th ed.). SAGE Publications.

Zhang, W., Guan, Y., & Hu, Z. (2024). The efficacy of project-based learning in enhancing computational thinking among students: A meta-analysis of 31 experiments and quasi-experiments. Education and Information Technologies, 29, 14513–14545. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12392-2

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774