Copyright © 2025 The Author(s)
Didaktika: Jurnal Kependidikan Vol. 14 No. 4 Nopember 2025

Pengaruh Pembelajaran Berbasis Proyek (PJBL) Berbantuan Portofolio Elektronik (E-Portfolio) terhadap Kemampuan Literasi Sains dan Kemandirian Belajar Siswa Kelas X Pada Mata Pelajaran Proyek IPAS

Tedi Hadiana[1], Ali Muhtadi[2]
[1,2]Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

[1]tedihadiana.2022@student.uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penerapan model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) berbantuan e-portofolio terhadap kemampuan literasi sains dan kemandirian belajar siswa pada mata pelajaran Proyek IPAS kelas X di SMK. Penelitian ini mengeksplorasi bagaimana integrasi alat digital dengan strategi pembelajaran aktif dapat meningkatkan kompetensi abad ke-21 pada peserta didik. Penelitian menggunakan desain kuasi eksperimen dengan melibatkan dua kelompok: kelompok eksperimen yang menggunakan PjBL berbantuan e-portofolio, dan kelompok kontrol yang menggunakan PjBL tanpa e-portofolio. Instrumen penelitian terdiri dari tes literasi sains dan angket kemandirian belajar, yang diberikan sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil analisis menggunakan MANOVA menunjukkan nilai Wilks' Lambda sebesar 0,665 dengan signifikansi 0,000, yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua pendekatan pembelajaran dalam meningkatkan literasi sains dan kemandirian belajar siswa secara simultan. Analisis lanjutan melalui *Test of Between-Subjects Effects* menunjukkan bahwa model pembelajaran berpengaruh signifikan terhadap literasi sains ($F = 17,715$; Sig. = 0,000; $\eta^2 = 0,212$) dan kemandirian belajar ($F = 25,739$; Sig. = 0,000; $\eta^2 = 0,281$). Nilai rata-rata gain menunjukkan bahwa siswa dalam kelompok eksperimen memperoleh peningkatan lebih tinggi pada kedua variabel dibandingkan dengan siswa dalam kelompok kontrol. Dengan demikian, model PjBL berbantuan e-portofolio terbukti lebih efektif dibandingkan PjBL tanpa e-portofolio dalam meningkatkan kemampuan literasi sains dan kemandirian belajar siswa. Oleh karena itu, model ini direkomendasikan sebagai strategi pembelajaran alternatif yang mendukung pengembangan keterampilan esensial yang dibutuhkan di abad ke-21

Kata kunci: PjBL, e-portofolio, literasi sains, kemandirian belajar, kuasi eksperimen, MANOVA

Pendahuluan

Pendidikan di abad ke-21 mengharuskan siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis, mengasah teknik pemecahan masalah, menguasai literasi sains, dan mampu menerapkan pembelajaran mandiri. Dua dari kompetensi utama yang ditekankan adalah literasi sains dan kemandirian belajar, karena keduanya menjadi kunci keberhasilan siswa dalam menghadapi kompleksitas tantangan zaman. Literasi sains telah menjadi tujuan pendidikan global yang sangat diutamakan (Laugksch, 2000). Kemampuan ini dimaknai sebagai kecakapan memahami konsep dan proses sains, serta menerapkan pengetahuan ilmiah dalam kehidupan sehari-hari dan pengambilan keputusan secara tepat (OECD, 2019; Gultepe & Kilic, 2015). Memiliki literasi sains yang kuat memungkinkan siswa untuk terlibat dalam pemikiran kritis dan kreatif ketika

menghadapi tantangan dunia nyata yang didasarkan pada bukti ilmiah (Holbrook & Rannikmae, 2009).

Di sisi lain, kemandirian belajar *(self-regulated learning)* berperan penting agar siswa dapat mengelola proses belajarnya secara mandiri. Kemandirian belajar didefinisikan sebagai kemampuan seseorang untuk memantau dan mengontrol lingkungan serta perilaku belajarnya sendiri (Zimmerman, 1989). Keterampilan ini bersifat kognitif dan metakognitif yang penting dalam pembelajaran sepanjang hayat, terutama di era digital dimana siswa dituntut belajar secara mandiri sepanjang hayatnya.

Perkembangan teknologi digital telah mengubah paradigma pembelajaran dari *teacher-centered* menjadi *learner-centered*. Informasi sangat mudah diakses melalui internet, sehingga peran guru bergeser sebagai fasilitator yang membimbing siswa belajar mandiri. Kemandirian belajar menjadi salah satu kompetensi utama abad 21 yang dipandang sejajar dengan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi (Greenstein, 2012).

Kebijakan pendidikan di Indonesia juga mendukung penguatan literasi sains dan kemandirian belajar. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) menekankan bahwa pembelajaran abad ke-21 harus mendorong siswa secara aktif mencari informasi sendiri, mengidentifikasi masalah, berpikir kritis, serta bekerja kolaboratif dalam menyelesaikan masalah (Kemendikbud, 2019; Zubaidah, 2016). Selaras dengan itu, program Merdeka Belajar yang diusung Kemendikbudristek menegaskan pentingnya kemandirian belajar sebagai kunci sukses pendidikan di era digital (Kemendikbudristek, 2021).

Implementasi Kurikulum Merdeka di SMK mulai 2022/2023 merupakan wujud nyata kebijakan tersebut, salah satunya dengan diperkenalkannya mata pelajaran Proyek IPAS (Proyek Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial) yang menggantikan mata pelajaran sains terpisah seperti Fisika, Kimia, dan Biologi (Suhelayanti et al., 2023). Mata pelajaran IPAS yang terintegrasi dan berbasis proyek ini dirancang untuk membekali siswa dengan literasi sains dan keterampilan abad ke-21, sekaligus melatih kemandirian dalam mengelola proyek pembelajaran. Dukungan kebijakan semacam ini menunjukkan bahwa literasi sains dan kemandirian belajar bukan hanya ideal secara teoritis, tetapi sudah menjadi agenda strategis dalam sistem pendidikan diera digital saat ini.

Sejumlah penelitian empiris mendukung korelasi positif antara literasi sains, kemandirian belajar, dan kesuksesan akademik. Literasi sains yang tinggi terbukti sejalan dengan pencapaian belajar sains yang lebih baik. Hasil assesmen internasional PISA, menunjukkan bahwa negara-negara dengan tingkat literasi sains siswa yang tinggi umumnya memiliki prestasi akademik keseluruhan yang lebih unggul (OECD, 2019). Literasi sains memungkinkan siswa memahami materi sains lebih mendalam sehingga berpengaruh pada nilai dan kompetensi akademiknya. Gultepe dan Kilic (2015) bahkan menyebut literasi sains sebagai "keterampilan untuk hidup di era abad ke-21" karena pengetahuan ilmiah menjadi landasan berbagai aktivitas sehari-hari. Dengan literasi sains, siswa mampu mengidentifikasi masalah dan mengambil keputusan berdasar eviden ilmiah, kemampuan inilah yang berkontribusi pada keberhasilan studi mereka (Liu, 2009; Holbrook & Rannikmae, 2009).

Sebaliknya, rendahnya literasi sains dapat menghambat pemahaman konsep, seperti yang terlihat pada studi di Indonesia dimana skor literasi sains PISA siswa tergolong rendah dan beriringan dengan rendahnya *performa problem-solving* (Nana Sutrisna, 2021; OECD, 2019). Fakta-fakta ini menegaskan bahwa peningkatan literasi sains berpotensi meningkatkan hasil belajar dan kesiapan siswa menghadapi tantangan akademik maupun kehidupan nyata.

Kemandirian belajar juga memiliki landasan ilmiah kuat sebagai penentu keberhasilan belajar. Zimmerman (2002) mengemukakan bahwa siswa yang terampil mengatur belajarnya

Copyright © 2025 The Author(s)

sendiri *(self-regulated learners)* cenderung lebih sukses secara akademis dan memiliki pandangan masa depan yang lebih optimis. Temuan ini selaras dengan berbagai studi yang menghubungkan kemandirian dengan prestasi belajar. Misalnya, meta-analisis oleh Ergen dan Kanadli (2017) menemukan bahwa strategi belajar mandiri memiliki efek yang signifikan besar (d = 0,859) terhadap pencapaian akademik siswa. Artinya, siswa yang mampu menetapkan tujuan belajar, memonitor kemajuan, dan menyesuaikan strategi belajarnya, cenderung meraih nilai dan pemahaman yang lebih tinggi (Ergen & Kanadli, 2017).

Kemandirian belajar juga berkaitan dengan motivasi intrinsik dan kepercayaan diri siswa; semakin siswa merasa mampu mengontrol proses belajarnya, mereka lebih termotivasi untuk mengatasi tantangan akademik (Bolliger & Shepherd, 2010; Wetcho & Na-Songkhla, 2019). Di tingkat pendidikan tinggi, penelitian Xiao dkk. (2019) menunjukkan bahwa kemandirian belajar menjadi pembeda mahasiswa berprestasi dan kurang berprestasi, mahasiswa yang disiplin mengatur waktu belajar dan strategi cenderung memiliki IPK lebih tinggi. Fakta-fakta ilmiah ini konsisten mendukung gagasan bahwa literasi sains dan kemandirian belajar merupakan faktor kunci penentu keberhasilan belajar siswa. Dengan kata lain, upaya peningkatan kualitas pendidikan semestinya berfokus pada penguatan kedua aspek tersebut, mengingat dampaknya yang signifikan terhadap hasil belajar dan kompetensi abad 21.

Secara konsep *Project-Based Learning* (PjBL) pada mata pelajaran Proyek IPAS menjanjikan pembelajaran yang kontekstual dan holistik, tetapi implementasi di lapangan tidak lepas dari berbagai tantangan. Dari hasil isian kuesioner dan wawancara guru-guru yang mengampu mata pelajaran Proyek IPAS tentang Proses Pembelajaran dan Penilaian Projek IPAS SMK di Kabupaten Belitung dan Belitung Timur terdapat beberapa kendala dalam melaksanakan pembelajaran berbasis proyek, baik untuk guru maupun siswa.

Salah satu kendala utama adalah orientasi pembelajaran yang masih cenderung pada hasil akhir proyek dan mengabaikan proses pembelajaran itu sendiri. Hal ini ditunjukkan dari proses penilaian yang cenderung melihat laporan akhir dan presentasi. Model PjBL menuntut siswa menghasilkan produk akhir dari proyek seperti laporan, prototipe, atau presentasi, hal ini berpotensi membuat guru maupun siswa terlalu terpusat pada pencapaian produk tersebut (Mayuni dkk., 2019).

Saat menerapkan model PjBL, terdapat tahapan dimana siswa secara mandiri menyusun jadwal kegiatan untuk menyelesaikan proyeknya. Dari hasil refleksi pembelajaran proyek IPAS semester ganjil tahun pelajaran 2024/2025, ada beberapa kelompok yang mengerjakan proyeknya tidak sesuai dengan perencanaan. Bahkan ada yang proyeknya terbengkalai tidak terselesaikan. Guru masih harus mengarahkan dan memberikan instruksi agar siswa mau mengerjakan dan menyelesaikan proyeknya. Hal ini menunjukkan bahwa motivasi untuk belajar secara mandiri, bertanggung jawab untuk menyelesaikan proyek, dan mengatur waktu belajar pada diri siswa belum hadir. Mayuni dkk. (2019) menyatakan bahwa model PjBL menghasilkan keluaran berupa produk, di mana peserta didik diberi kebebasan merencanakan aktivitas belajarnya secara mandiri hingga terwujud produk akhir. Namun, kebebasan ini juga berarti kesuksesan pembelajaran sangat dipengaruhi oleh keaktifan dan disiplin siswa dalam prosesnya (Mayuni dkk., 2019).

Kenyataan lainnya, dalam praktik PjBL sering terjadi "false PjBL", siswa sibuk membuat produk tetapi pemahaman konsep dan keterampilan proses tidak digali optimal. Hasil refleksi secara tertulis dan wawancara untuk pembelajaran proyek IPAS semester ganjil tahun ajaran 2024/2025, dari 36 siswa Program Keahlian Pengembangan Perangkat Lunak dan Gim (PPLG) SMKN 1 Tanjungpandan, hanya 18 siswa (50%) yang mampu menjelaskan kembali latar belakang, rumusan masalah, tujuan proyek, alternatif solusi dan prosedur kerja serta

keterkaitannyauntuk tiap bagian. Padahal mereka telah menyelesaikan proyek, melaporkan dan mempresentasikannya.

Guru terlalu fokus memastikan proyek selesai tepat waktu, sehingga proses pembelajaran mendalam untuk memahami konsep, melaksanakan penyelidikan ilmiah, dan refleksi dapat terlewatkan. Hal ini sejalan dengan catatan Boss (2011) bahwa fokus yang berlebihan pada produk akhir dapat mengaburkan tujuan utama PjBL sebagai pembelajaran mendalam. Dengan demikian, tantangan pedagogis dalam pembelajaran Projek IPAS adalah memastikan proses inkuiri, kolaborasi, dan refleksi dalam proyek mendapat perhatian yang sama besar dengan hasil akhir proyek.

Tantangan berikutnya terkait dengan pencatatan dan penilaian proses belajar yang masih dilakukan secara konvensional. Berdasarkan hasil isian kuesioner dan wawancara guru-guru yang mengampu mata pelajaran Proyek IPAS tentang Proses Pembelajaran dan Penilaian Projek IPAS SMK di Kabupaten Belitung dan Belitung Timur, guru telah menerapkan penilaian observasi dan portofolio. Pencatatan data dan pendokumentasian kinerja dan perkembangan siswa dalam proyek masih menggunakan cara manual, misalnya melalui catatan tertulis di buku nilai atau lembar observasi sederhana. Siswa mencatat data penelitiannya dalam lembar kerja yang telah disiapkan. Pendekatan konvensional ini kurang efisien dan menyulitkan guru dalam melacak kemajuan masing-masing siswa, terutama pada proyek yang berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Data proses seperti kontribusi harian, kesulitan yang dihadapi siswa, atau peningkatan keterampilan sering kali tersebar dan tidak terdokumentasi rapi. Akibatnya, guru kesulitan memberikan umpan balik yang tepat waktu dan spesifik kepada setiap siswa. Selain itu, siswa sendiri tidak memiliki wadah terstruktur untuk merefleksikan kemajuan belajarnya, karena bukti-bukti proses seperti draf, hasil eksperimen, foto kegiatan, dll tidak terdokumentasi dengan baik. Hal ini membuat evaluasi cenderung berfokus pada produk final dan nilai akhir, tanpa melihat perkembangan kompetensi sepanjang proyek.

Dari sudut pandang manajemen kelas, catatan berbasis kertas atau spreadsheet sederhana menyulitkan guru dalam memantau puluhan siswa yang mengerjakan proyek berbeda secara bersamaan. Guru membutuhkan waktu ekstra untuk merapikan portofolio fisik atau laporan tiap kelompok, yang kadang menyebabkan keterlambatan dalam penilaian formatif. Tantangan ini diperparah jika proyek dilakukan secara kelompok, guru sulit menilai kontribusi individu secara adil karena kurangnya jejak kerja individu. Secara keseluruhan, kendala-kendala di atas menunjukkan perlunya sistem pendukung yang mampu menggeser fokus ke proses pembelajaran dan menyediakan alat dokumentasi yang efektif. Di sinilah inovasi seperti portofolio elektronik berpotensi menjadi solusi untuk menjawab permasalahan implementasi PjBL pada Proyek IPAS.

Salah satu inovasi yang dapat dioptimalkan untuk mengatasi tantangan di atas adalah portofolio elektronik (e-portfolio). Secara umum, e-portofolio didefinisikan sebagai kumpulan artefak atau karya siswa dalam bentuk digital yang disusun secara terorganisir untuk menunjukkan pemahaman, keterampilan, dan perkembangan belajar dari waktu ke waktu (Barrett, 2006; Cambridge, 2003). Berbeda dengan portofolio tradisional yang berbentuk map fisik, e-portofolio memanfaatkan teknologi digital *(web, cloud)* sebagai wadah sehingga lebih mudah diakses, diupdate, dan dibagikan (Jarrott & Gambrel, 2011). Barrett (2007) menjelaskan bahwa e-portofolio di kelas berfungsi sebagai sarana refleksi yang membantu siswa memahami pembelajarannya sendiri.

Dalam e-portfolio, siswa dapat mengunggah berbagai bukti belajar (teks, foto, video, hasil tugas), menuliskan refleksi tiap tahap, dan mengaitkan setiap evidensi dengan capaian kompetensi yang ditargetkan. Proses kurasi dan refleksi ini sejalan dengan esensi pembelajaran berbasis proyek yang berorientasi proses, sehingga penggunaan e-portofolio mendorong siswa

Copyright © 2025 The Author(s)

fokus pada proses pembelajaran bukan semata produk akhir (Attwell, 2007). Attwell (2007) menegaskan bahwa e-portofolio sebaiknya dipandang sebagai *proses* yang terus berjalan, bukan sekadar produk atau sistem teknologinya. Artinya, nilai utama e-portofolio terletak pada kegiatan siswa mengomentari, merefleksikan, dan memperbaiki hasil belajarnya selama proses pembuatan portofolio tersebut. Dengan demikian, integrasi e-portofolio dalam PjBL dapat mengembalikan keseimbangan antara proses dan produk, siswa tetap menghasilkan produk proyek, tetapi seluruh perjalanan belajarnya terdokumentasi dan dievaluasi.

Dari sisi praktis, e-portofolio menawarkan berbagai manfaat yang menjadikannya solusi ideal di era digital. Pertama, e-portofolio mudah diakses dan dibagikan. Guru, siswa, maupun orang tua dapat melihat perkembangan belajar melalui platform web kapan saja dan di mana saja (Jarrott & Gambrel, 2011). Hal ini berbeda dengan portofolio kertas yang rentan hilang dan hanya bisa diakses secara fisik. Kedua, e-portofolio mendukung pencatatan otomatis dan terstruktur. Setiap entri tugas, penilaian, atau umpan balik dapat tersimpan rapi dalam urutan kronologis, sehingga memudahkan pelacakan perkembangan tiap siswa. MOSEP Project (2007) melaporkan bahwa konsep e-portofolio secara inheren mendukung pembelajaran terorganisir mandiri; e-portofolio membantu merekam kemajuan belajar dan bahkan mengakui pembelajaran informal siswa. Guru tidak lagi harus menghimpun tumpukan kertas; cukup dengan membuka laman portofolio siswa, guru dapat menilai progres dari draft awal, revisi, hingga produk final, lengkap dengan refleksi siswa di tiap tahap.

Ketiga, e-portfolio mendorong *self-regulated learning*. Karena siswa dilibatkan aktif dalam mengisi portofolionya, menetapkan tujuan, memilih artefak terbaik, dan merefleksikan hasil belajar, mereka secara tidak langsung melatih kemandirian belajar (Barrett, 2007). Fox (2008) menyebut model *Learning-to-Learn portfolio* yang terbukti meningkatkan metakognisi siswa melalui penetapan tujuan dan refleksi rutin. Dengan e-portfolio, siswa akan lebih proaktif dan bertanggung jawab atas belajarnya: mereka terdorong memonitor pekerjaan proyek tiap minggu, memperbaiki berdasarkan umpan balik, dan melihat sendiri kemajuan yang dicapai. Hal ini dapat meningkatkan motivasi serta *self-efficacy* mereka dalam belajar (Wetcho & Na-Songkhla, 2019).

Implementasi e-portofolio di lingkungan sekolah kini semakin mudah berkat tersedianya teknologi berbasis web yang *user-friendly*. Salah satu contohnya adalah platform Google Sites, yang dapat digunakan secara gratis dan intuitif untuk membuat situs portofolio bagi tiap siswa. Penelitian Laksana et al. (2022) di pendidikan vokasi menunjukkan bahwa Google Sites efektif digunakan sebagai media e-portofolio, karena tidak memerlukan keahlian pemrograman dan dapat diakses melalui berbagai perangkat. Guru cukup membuat kerangka portofolio (template) di Google Sites atau LMS serupa, kemudian siswa mengunggah konten proyek mereka sesuai tahapannya (misal: perencanaan, pelaksanaan, hasil, refleksi). Platform web menjamin bahwa semua data tersimpan terpusat dan terbackup, sehingga mengurangi risiko kehilangan data dibanding portofolio konvensional. Selain itu, fitur berbagi link memungkinkan kolaborasi dan penilaian sejawat: sesama siswa dapat saling melihat dan memberikan komentar yang konstruktif, dan guru bisa memberikan umpan balik langsung pada masing-masing artefak atau refleksi.

Dengan demikian, e-portofolio tak hanya memudahkan pencatatan, tapi juga memperkaya interaksi pembelajaran. Dalam konteks Proyek IPAS, penggunaan e-portofolio berpotensi besar membantu guru mengatasi kesulitan melacak perkembangan siswa. Setiap kelompok atau individu siswa memiliki halaman portofolio proyek yang terdokumentasi lengkap, guru dapat memonitor siapa yang berkontribusi pada tiap tahap, masalah apa yang dihadapi, dan bagaimana solusi dikembangkan. Hal ini akan meningkatkan kualitas asesmen formatif, guru dapat segera mengidentifikasi siswa yang mengalami kendala pada tahap tertentu dan

memberikan intervensi tepat waktu. Singkatnya, e-portofolio menawarkan solusi komprehensif: mengalihkan fokus ke proses, memudahkan penilaian berkelanjutan, sekaligus memberdayakan siswa untuk belajar mandiri secara reflektif di era digital.

Konsep dan penerapan e-portofolio dalam pembelajaran berbasis proyek telah dibahas dalam berbagai penelitian terdahulu, meskipun masih terbatas jumlahnya, khususnya di konteks pendidikan Indonesia. Barrett (2007) dalam studinya "The REFLECT Initiative" menggarisbawahi bahwa secara historis portofolio (termasuk portofolio elektronik) memiliki banyak tujuan dalam pendidikan, namun penelitian empiris tentang portofolio siswa untuk tingkat dasar dan menengah relatif terbatas. Kendati demikian, tren penelitian akhir-akhir ini mulai mengeksplorasi e-portofolio sebagai pendukung pembelajaran konstruktivis. Misalnya, Tran (2023) melakukan studi quasi-eksperimental di kelas fisika sekolah menengah yang menerapkan PBL dengan bantuan e-portofolio berbasis Google Sites. Hasil penelitiannya menunjukkan peningkatan signifikan pada minat dan hasil belajar siswa kelompok eksperimen dibanding kontrol (Tran, 2023). Rata-rata skor tes kelompok yang menggunakan e-portofolio proyek lebih tinggi (7,92 vs 5,22), dan angket menunjukkan mayoritas siswa merasa e-portofolio meningkatkan keterlibatan, motivasi, serta kemampuan mereka dalam merencanakan dan mempresentasikan proyek (Tran, 2023). Temuan ini menjadi bukti empiris bahwa e-portofolio mampu mengoptimalkan implementasi PjBL, sejalan dengan hipotesis bahwa e-portofolio menggeser fokus ke proses dan mengaktifkan peran siswa.

Penelitian lain oleh Laksana et al. (2022) menyoroti persepsi siswa terhadap pembelajaran berbasis e-portofolio di pendidikan vokasi. Studi kasus mereka di Politeknik Negeri Bali (bidang manajemen bisnis internasional) menemukan bahwa penerapan e-portofolio (melalui Google Sites) mendapat tanggapan positif dari mahasiswa dan berkontribusi pada peningkatan *self-efficacy* dalam keterampilan berbahasa Inggris. Meskipun konteksnya berbeda (mata kuliah bahasa, bukan sains), hal ini mengindikasikan fleksibilitas e-portofolio untuk berbagai domain pembelajaran. Laksana dkk. (2022) juga mencatat bahwa riset tentang e-portofolio terintegrasi platform web masih jarang dilakukan, terutama di Indonesia. Pernyataan tersebut menggarisbawahi adanya kesenjangan penelitian yang perlu diisi, yaitu kajian e-portofolio dalam skenario pembelajaran di sekolah menengah. Beberapa studi luar negeri seperti oleh Wetcho dan Na-Songkhla (2019) atau Bolliger dan Shepherd (2010) telah mengaitkan e-portofolio dengan peningkatan kepercayaan diri dan motivasi belajar siswa, namun studi-studi ini umumnya dilaksanakan pada konteks pendidikan tinggi atau pelatihan guru.

Adapun dalam konteks *Project-Based Learning*pada pendidikan sains, literatur sebelumnya lebih banyak fokus pada efektivitas PjBL terhadap hasil belajar konten sains (Mayuni et al., 2019) atau keterampilan proses sains, tanpa melibatkan instrumen e-portofolio sebagai bagian dari intervensi. Penelitian Mayuni dkk. (2019) menemukan bahwa penerapan model PjBL murni (tanpa e-portfolio) dapat meningkatkan hasil belajar IPA siswa SMP. Namun penelitian tersebut tidak menyoroti aspek pencatatan proses belajar siswa secara mendalam. Dengan demikian, dapat dikatakan kesenjangan penelitian terletak pada integrasi e-portofolio dalam PjBL khususnya pada mata pelajaran IPAS atau sains di tingkat SMK/SMA. Belum ada kajian terdahulu yang secara spesifik meneliti bagaimana e-portofolio dapat meningkatkan literasi sains dan kemandirian belajar siswa dalam kerangka PjBL di level pendidikan menengah kejuruan.

Tesis ini diusulkan untuk menjawab kesenjangan tersebut. Berdasarkan tinjauan di atas, kombinasi PjBL dan e-portofolio menjanjikan solusi untuk permasalahan pembelajaran Proyek IPAS sekaligus berpotensi meningkatkan kompetensi literasi sains dan kemandirian belajar siswa. Penelitian sebelumnya (Tran, 2023; Laksana et al., 2022) telah memberikan indikasi positif mengenai manfaat e-portofolio, namun konteks khusus SMK, mata pelajaran Proyek IPAS dan variabel terikat literasi sains maupun kemandirian belajar belum terjelajahi. Oleh karena itu,

Copyright © 2025 The Author(s)

studi dalam tesis ini akan berusaha mengisi kekosongan tersebut dengan mengkaji penerapan pembelajaran berbasis projek (PjBL) berbantuan portofolio elektronik (e-portofolio) berbasis Google Sites dalam pembelajaran Proyek IPAS, serta mengukur dampaknya terhadap kemampuan literasi sains dan kemandirian belajar siswa. Diharapkan, hasil penelitian ini tidak hanya memperkuat temuan-temuan positif terdahulu, tetapi juga memberikan kontribusi baru yang signifikan bagi pengembangan teori dan praktik pembelajaran abad ke-21 di Indonesia, terutama dalam upaya mencetak lulusan yang literat sains dan mandiri belajar di era digital.

Metode

Secara umum, bagian ini menjelaskan bagaimana penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh pembelajaran berbasis proyek (Project Based Learning) berbantuan e-portofolio terhadap literasi sains dan kemandirian belajar siswa. Penelitian ini menggunakan desain *quasi experimental* dengan model *pretest-posttest control group design*. Desain ini dinilai sesuai untuk menjawab pertanyaan penelitian karena memungkinkan peneliti membandingkan hasil sebelum dan sesudah perlakuan serta antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Prosedur penelitian dijelaskan secara berurutan mulai dari pemberian pretest, penerapan perlakuan, hingga pemberian posttest.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X Program Keahlian Pemasaran di SMKN 1 Tanjungpandan tahun ajaran 2023/2024. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* yang mempertimbangkan kesetaraan kemampuan awal antar kelas. Terpilih dua kelas sebagai sampel, yaitu kelas X PM 1 sebagai kelompok eksperimen dan X PM 2 sebagai kelompok kontrol, masing-masing berjumlah 35 siswa. Kelompok eksperimen mendapat pembelajaran berbasis proyek menggunakan e-portofolio, sementara kelompok kontrol hanya menggunakan pembelajaran berbasis proyek tanpa bantuan e-portofolio.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pemberian soal tes untuk mengukur literasi sains dan angket untuk mengukur kemandirian belajar siswa. Instrumen telah dikembangkan dan divalidasi oleh ahli materi serta diuji secara empiris dengan uji validitas menggunakan korelasi Pearson Product Moment dan reliabilitas dengan koefisien Cronbach's Alpha. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan teknik *ANCOVA (Analysis of Covariance)* untuk mengetahui perbedaan hasil antara kelompok eksperimen dan kontrol setelah dikontrol dengan skor pretest. Selain itu, dokumentasi berupa hasil e-portofolio digunakan untuk memperkuat data kualitatif. Penjelasan prosedur dan jenis data yang dicatat disusun secara sistematis agar penelitian dapat direplikasi dengan mudah oleh peneliti lain.

Hasil

Data Awal Literasi Sains (Pretest)

Data awal literasi sains diperoleh melalui tes yang diberikan kepada siswa sebelum perlakuan diberikan. Tujuan dari pretest ini adalah untuk mengetahui tingkat awal literasi sains masing-masing kelompok. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata nilai pretest literasi sains pada kelompok eksperimen sebesar 55,24 dengan simpangan baku 10,04, sedangkan kelompok kontrol memiliki rata-rata 54,54 dengan simpangan baku 14,63.

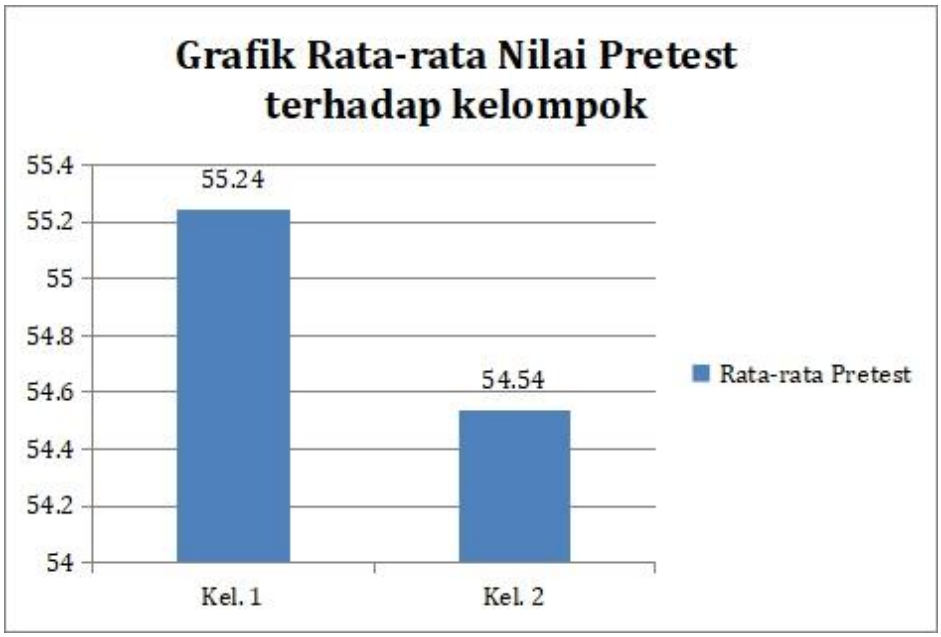
Tabel 1. Kelompok Eksperimen

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pre_Literasi	34	41.30	80.43	55.2435	10.04219

Valid N (listwise)					

Tabel 2. Kelompok Control

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pre_Literasi	34	28.26	89.13	54.5400	14.63116
Valid N (listwise)					



Gambar 1. Diagram Batang Nilai Rata-Rata Literasi Sains Pretest Antar Kelompok

Keterangan:
Kel. 1 : Kelompok Eksperimen (X PM 1) dan
Kel. 2: Kelompok Kontrol (X PM 2)

Data Akhir Literasi Sains (Posttest)

Setelah pembelajaran dengan metode yang berbeda, siswa mengikuti posttest. Kelompok eksperimen yang menggunakan e-portofolio mengalami peningkatan rata-rata menjadi 73,85, sedangkan kelompok kontrol menjadi 65,67. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan nilai pada kedua kelompok, dengan peningkatan yang lebih besar pada kelompok eksperimen.

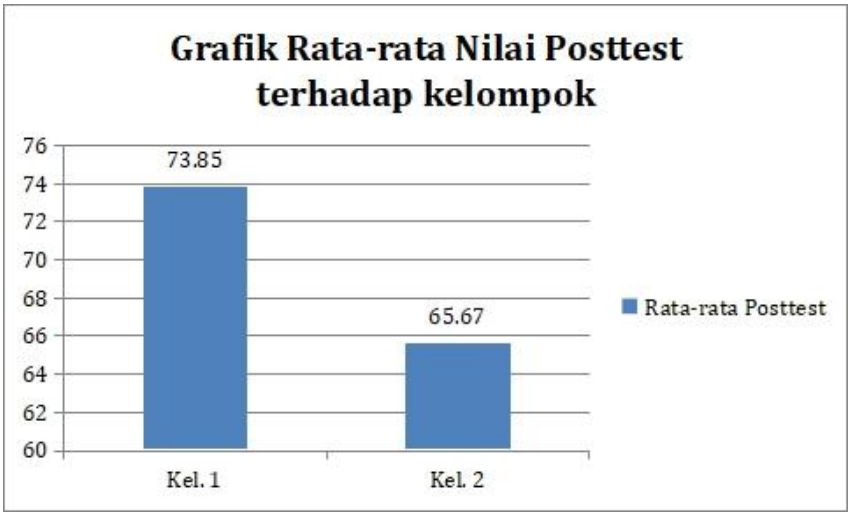
Tabel 3. Kelompok eksperimen

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pre_Literasi	34	63.00	95.00	73.3529	6.97129
Valid N (listwise)	34				

Copyright © 2025 The Author(s)

Tabel 4. Kelompok Control

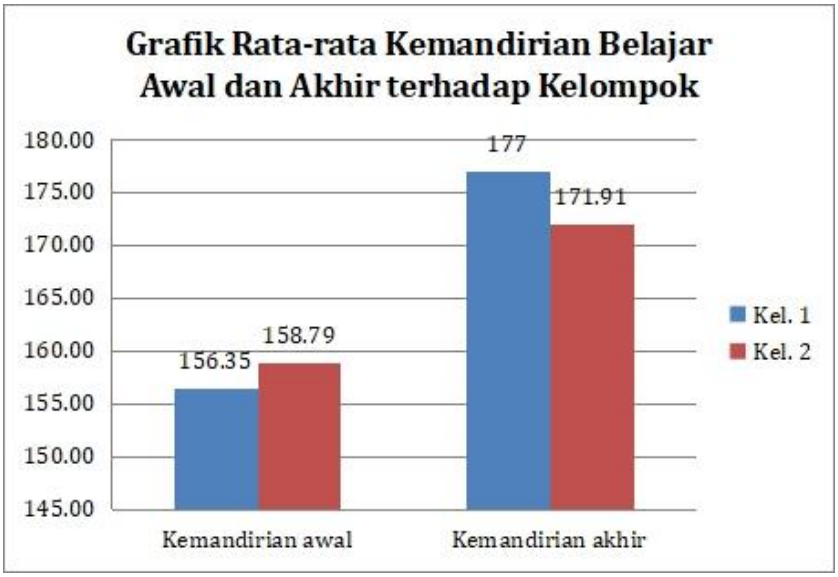
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pre_Literasi	34	34.78	89.13	65.66500	15.37897
Valid N (listwise)	34				



Gambar 2. Diagram Batang Rata-Rata Nilai Literasi Sains Posttest Antar Kelompok

Data Kemandirian Belajar Awal dan Akhir

Skor kemandirian belajar awal diperoleh dari angket yang diisi sebelum perlakuan. Rata-rata skor pada kelompok eksperimen adalah 156,35, sedangkan kelompok kontrol 158,79. Setelah perlakuan, kelompok eksperimen meningkat menjadi 177, sementara kelompok kontrol menjadi 171,91. Peningkatan ini menunjukkan dampak positif dari metode pembelajaran.



Gambar 3. Grafik rata-rata skor kemandirian belajar awal dan akhir

Data Gain Score (Selisih Skor)

Untuk mengetahui besarnya peningkatan, dihitung selisih antara nilai akhir dan awal (gain score). Tabel berikut menunjukkan perbandingan gain antar kelompok eksperimen dan kontrol untuk kemampuan literasi sains dan kemandirian belajar:

Tabel 5. Gain score rata-rata literasi sains dan kemandirian belajar

Kelompok	Rata-Rata Literasi Sains		Rata-Rata Kemandirian Belajar		Gain Score	
	Pretest	**Posttest**	**Awal**	**Akhir**	**Literasi**	**Kemandirian**
Eksperimen	55,24	73,85	156,35	177,00	18,61	20,65
Kontrol	54,54	65,67	158,79	171,91	11,13	13,12

Uji Asumsi Statistik

a. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan terhadap data gain literasi sains dan gain kemandirian belajar dengan menggunakan *software IBM SPSS statistics* versi 25 dengan uji Kolmogorov- Smirnov.

Pengujian diawali dengan memasukkan data nilai literasi sains dan skor kemandirian belajar setiap siswa sebelum dan setelah diberikan perlakuan untuk kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Setelah itu, ditentukan nilai gain untuk variabel literasi sains dan kemandirian belajar pada kedua kelompok. Dari hasil uji normalitas dengan menggunakan *software IBM SPSS statistics* versi 25 dengan uji Kolmogorov- Smirnov diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Uji Kolmonogorov-Smirnov

	Kolmonogorov-Smirnov		
	Statistic	Df	Sig.
Gain_literasi	0,083	68	0,200*
Gain_kemandirian	0,106	68	0,055

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data gain literasi sains memiliki sig. = 0,200 dan data gain kemandirian belajar memiliki Sig. = 0,055). Nilai sig. gain literasi dan gain kemandirian > Sig. a (0,05), artinya bahwa H0 diterima, artinye data penelitian literasi sains dan kemandirian belajar terdistribusi normal. Dengan demikian, uji parametrik dapat digunakan untuk literasi sains dan kemandirian belajar.

b. Uji Homogenitas (Levene's Test)

Uji homogenitas dilakukan terhadap data gain literasi sains dan gain kemandirian belajar dengan menggunakan *software IBM SPSS statistics* versi 25 dengan **Levene's Test**. Dari hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Levene's Test

		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	**Sig.**
Gain_Literasi	Equal variances assumed Equal variances not assumed	1,550	0,218
Gain_Kemandirian	Equal variances assumed	0,219	0,642

Copyright © 2025 The Author(s)

	Equal variances not assumed	

Hasil uji Levene's Test menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,218 untuk literasi sains dan 0,642 untuk kemandirian belajar. Karena nilai signifikansi keduanya lebih besar dari 0,05, maka H0 diterima, artinya dapat disimpulkan bahwa variansi kedua kelompok homogen.

Uji Pengaruh Metode Pembelajaran

a. Uji MANOVA

Untuk mengetahui pengaruh metode pembelajaran terhadap literasi sains dan kemandirian belajar secara simultan, dilakukan uji MANOVA.

Tabel 8. Hasil Uji MANOVA (Multivariate Test)

Effect	Statistic	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.904	3.047E2[a]	2.000	65.000	.000
	Wilks' Lambda	.096	3.047E2[a]	2.000	65.000	.000
	Hotelling's Trace	9.374	3.047E2[a]	2.000	65.000	.000
	Roy's Largest Root	9.374	3.047E2[a]	2.000	65.000	.000
Kel	Pillai's Trace	.335	16.389[a]	2.000	65.000	.000
	Wilks' Lambda	.665	16.389[a]	2.000	65.000	.000
	Hotelling's Trace	.504	16.389[a]	2.000	65.000	.000
	Roy's Largest Root	.504	16.389[a]	2.000	65.000	.000

Berdasarkan tabel *Multivariate Tests*, nilai Wilks' Lambda sebesar 0,665 dengan nilai signifikansi 0,000. Nilai Wilks' Lamda menjunjukkan proporsi variansi dari variabel dependen (gain literasi sains dan gain kemandirian belajar) yang tidak dpata dijelaskan oleh perbedaan metode pembelajaran. Nilai Wilks' Lambda berada pada rentang 0 – 1, dimana semakin kecil nilainya, maka semakin besar pengaruh variabel bebas terhadap variabel dependen. Dengan demikian, nilai Wilks' Lambda sebesar 0,665 mengindikasikan bahwa sekitar 33,5% variansi gabungan dari kedua variabel (literasi sains dan kemandirian belajar) dapat dijelaskan oleh perbedaan metode pembelajaran yang diterapkan.

Nilai signifikansi 0,000 lebih kecil dari 0,05 menunjukkan bahwa pengaruh tersebut signifikan secara statistik (H0 ditolak) , sehingga dapat disimpulkan bahwa Perlakuan yang diberikan, dengan menerapkan PjBL berbantuan e-portofolio dan PjBL tanpa e-portofolio memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan literasi sains dan kemandirian belajar siswa.

b. Test of Between – Subject Effect

Untuk mengetahui lebih lanjut variabel mana yang paling dipengaruhi oleh metode pembelajaran, dilakukan *Test of Between-Subjects Effects*. Hasil tes ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 9. Hasil test of between-subject effect

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	2.576a	1	2.576	17.715	.000	.212
Intercept	10.521	1	10.521	72.379	.000	.486
Kel	2.576	1	2.576	17.715	.000	.212
Error	9.576	66	.145			
Total	49.748	68				
Corrected Total	12.152	67				

a. R Squared = .212 (Adjusted R Squared = .200)

Dependent Variable: Gain_Kemandirian

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	6.122a	1	6.122	25.739	.000	.281
Intercept	9.729	1	9.729	40.927	.000	.383
Kel	6.122	1	6.122	25.739	.000	.281
Error	15.697	66	.238			
Total	85.921	68				
Corrected Total	21.818	67				

b. R Squared = .281 (Adjusted R Squared = .270)

Berdasarkan hasil *Test of Between-Subjects Effects*, memiliki nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,000 untuk kedua variabel (gain literasi sains dan gain kemandirian belajar) lebih kecil dari sig. a = 0,05. Hal ini menunjukkan perbedaan metode pembelajaran memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kedua variabel dependen, yaitu Gain Literasi Sains dan Gain Kemandirian Belajar, ini berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada masing-masing variabel.

Lebih lanjut, nilai F yang tinggi, yaitu sebesar 17,715 untuk variabel Gain Literasi dan 25,739 untuk variabel Gain Kemandirian, menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata hasil antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada kedua variabel tersebut signifikan secara statistik. Nilai F dalam analisis varians (ANOVA/ MANOVA) merepresentasikan rasio antara variabilitas antar kelompok terhadap variabilitas di dalam kelompok. Semakin besar nilai F, maka semakin besar perbedaan yang diberikan oleh perlakuan (dalam hal ini pemanfaatan e-portofolio), dibandingkan variasi acak dalam kelompok. Maka, nilai F yang tinggi ini mengindikasikan bahwa metode pembelajaran memberikan pengaruh yang cukup kuat dan nyata terhadap peningkatan literasi sains maupun kemandirian belajar siswa.

Kontribusi metode pembelajaran terhadap masing-masing variabel dapat dilihat dari nilai Partial Eta Squared, yaitu sebesar 0,212 (21,2%) terhadap literasi sains, dan 0,281 (28,1%) terhadap kemandirian belajar. Berdasarkan pedoman interpretasi efek ukuran dari Cohen (1988), nilai Partial Eta Squared $\geq$ 0,14 termasuk dalam kategori pengaruh besar. Maka dapat disimpulkan bahwa metode pembelajaran yang diterapkan dalam penelitian ini memberikan

Copyright © 2025 The Author(s)

pengaruh besar dan signifikan terhadap peningkatan literasi sains dan kemandirian belajar siswa, dengan pengaruh yang lebih kuat pada kemandirian belajar dibandingkan literasi sains.

Pembahasan

Perbedaan Kemampuan Literasi Sains Siswa Sebelum dan Sesudah diterapkannya PjBL Berbantuan e-Portofolio

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam kemampuan literasi sains siswa setelah diterapkannya model PjBL berbantuan e-portofolio, seperti data pada tabel 13, tentang gain score rata-rata literasi sains dan kemandirian belajar. Rata-rata skor posttest literasi pada kelompok eksperimen (73,85) meningkat secara signifikan dibandingkan pretest (55,25), yang menunjukkan bahwa model ini efektif dalam membangun pemahaman sains siswa.

Model PjBL memberikan pengalaman belajar yang bermakna melalui tahapan eksplorasi masalah, pencarian solusi, dan presentasi hasil, yang secara tidak langsung menstimulasi keterampilan literasi sains (Krajcik & Blumenfeld, 2006). Penggunaan e-portofolio dalam proses ini memperkuat refleksi dan dokumentasi hasil belajar secara digital, sehingga siswa dapat merevisi dan memperbaiki pemahaman mereka secara berkelanjutan (Barrett, 2007).

Integrasi e-portofolio juga mendukung keterampilan metakognitif yang berkaitan erat dengan kemampuan literasi sains, seperti kemampuan merumuskan pertanyaan, menganalisis data, dan membuat kesimpulan (OECD, 2015). Oleh karena itu, peningkatan yang terjadi merupakan konsekuensi logis dari pendekatan pembelajaran yang menggabungkan keterlibatan aktif siswa dan teknologi digital sebagai media refleksi.

Perbedaan Kemandirian Belajar Siswa Sebelum dan Sesudah diterapkannya PjBL Berbantuan e-Portofolio

Hasil angket kemandirian belajar menunjukkan peningkatan yang signifikan setelah siswa mengikuti pembelajaran dengan model PjBL berbantuan e-portofolio, seperti data pada tabel 13, tentang gain score rata-rata literasi sains dan kemandirian belajar. Rata-rata kemandirian belajar akhir pada kelompok eksperimen (177) meningkat secara signifikan dibandingkan rata-rata kemandirian belajar awal (156,35), yang menunjukkan bahwa model ini efektif dalam membangun kemandirian belajar siswa. Siswa menjadi lebih mampu mengelola waktu belajar, menetapkan tujuan, serta mengambil inisiatif dalam menyelesaikan tugas proyek.

Hal ini sejalan dengan pendapat Zimmerman (2002) yang menyatakan bahwa kemandirian belajar dipengaruhi oleh pengalaman belajar yang memberikan ruang bagi siswa untuk merencanakan, memantau, dan mengevaluasi proses belajarnya sendiri. Dalam konteks PjBL, siswa diberikan tanggung jawab penuh terhadap hasil kerja mereka, sedangkan e-portofolio berperan sebagai media untuk mendokumentasikan dan mengevaluasi proses tersebut secara reflektif (Chen, 2009).

Pembelajaran berbasis proyek memungkinkan siswa belajar secara kontekstual dan personal, yang sesuai dengan prinsip pembelajaran mandiri (Knowles, 1975). Peningkatan skor kemandirian belajar ini menunjukkan bahwa penggunaan e-portofolio tidak hanya mendukung aspek kognitif, tetapi juga aspek afektif dalam proses belajar.

Pengaruh Signifikan Antara Kelompok Eksperimen dan Kontrol terhadap Literasi Sains

Perbedaan gain literasi sains antara kelompok eksperimen dan kontrol terbukti signifikan berdasarkan uji MANOVA dan *Test* B*etween-Subjects Effects* (F = 17,715, p = 0,000; Partial Eta Squared = 0,212). Hal ini menunjukkan bahwa model PjBL berbantuan e-portofolio memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan PjBL tanpa e-portofolio.

Hal ini dapat dijelaskan karena e-portofolio memberikan sarana bagi siswa untuk melakukan dokumentasi dan refleksi pembelajaran secara mandiri dan kontinu. Refleksi adalah

komponen penting dalam pengembangan literasi sains karena memungkinkan siswa mengevaluasi proses berpikir ilmiah mereka sendiri (Kolodner et al., 2003). Di sisi lain, kelompok kontrol yang tidak menggunakan e-portofolio hanya mengandalkan produk akhir proyek tanpa proses dokumentasi digital yang sistematis.

Model pembelajaran berbasis proyek pada dasarnya sudah mendukung literasi sains karena bersifat inkuiri, namun penambahan e-portofolio memperkuat proses pembelajaran tersebut dengan memungkinkan siswa mengembangkan catatan belajar personal secara lebih dalam (Abrami & Barrett, 2005).

Pengaruh Signifikan Antara Kelompok Eksperimen dan Kontrol terhadap Kemandirian Belajar

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa metode PjBL berbantuan e-portofolio memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap peningkatan kemandirian belajar siswa dibandingkan metode tanpa e-portofolio. Berdasarkan uji MANOVA dan *Test* B*etween-Subjects Effects* (F = 25,739, p = 0,000; Partial Eta Squared = 0,281) menunjukkan bahwa perbedaan ini sangat signifikan dan pengaruhnya tergolong besar.

Hal ini mendukung penelitian sebelumnya oleh Lorenzo & Ittelson (2005), yang menyatakan bahwa penggunaan e-portofolio membantu siswa mengembangkan kesadaran diri dalam belajar serta mengelola proses belajar mereka secara aktif. Penggunaan teknologi digital dalam e-portofolio juga memperluas ruang kendali belajar siswa, memungkinkan mereka belajar kapan saja dan dari mana saja, sesuai prinsip pembelajaran mandiri berbasis teknologi (Garrison, 2003).

Kesimpulan

Terdapat peningkatan kemampuan literasi sains siswa pada mata pelajaran Projek IPAS Kelas X SMK setelah diterapkannya model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) berbantuan e-portofolio. Hasil perbandingan antara nilai rata-rata pretest (55,25) dan rata-rata posttest (73,85) pada kelompok eksperimen menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan model PjBL berbantuan e-portofolio mampu mendorong penguasaan konsep, penerapan pengetahuan ilmiah, dan kemampuan literasi sains siswa dalam konteks kehidupan sehari-hari.

Terdapat peningkatan kemandirian belajar siswa setelah diterapkannya model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) berbantuan e-portofolio. Skor angket kemandirian belajar yang meningkat secara signifikan pada kelompok eksperimen setelah perlakuan menunjukkan bahwa penggunaan e-portofolio dalam pembelajaran berbasis proyek mendukung siswa dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi proses belajarnya secara mandiri.

Kelompok yang belajar dengan menggunakan model PjBL berbantuan e-portofolio memiliki pengaruh yang lebih tinggi terhadap peningkatan kemampuan literasi sains dibandingkan kelompok yang belajar menggunakan PjBL tanpa e-portofolio. Hasil uji *Test of Between-Subjects Effects* menunjukkan bahwa metode pembelajaran secara signifikan memengaruhi literasi sains siswa (F = 17,715; Sig. = 0,000; η^2 = 0,212), dan nilai rata-rata gain literasi sains kelompok eksperimen (18,61) lebih tinggi dibanding kelompok kontrol (11,13).

Kelompok yang belajar dengan menggunakan model PjBL berbantuan e-portofolio menunjukkan pengaruh yang lebih tinggi terhadap kemandirian belajar siswa dibandingkan kelompok yang menggunakan PjBL tanpa e-portofolio. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji statistik yang signifikan (F = 25,739; Sig. = 0,000; η^2 = 0,281), serta rata-rata gain kemandirian belajar yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen (20,65) dibanding kelompok kontrol (13,12).

Copyright © 2025 The Author(s)

References

Abrami, P. C., & Barrett, H. (2005). *Directions for research and development on electronic portfolios*. Canadian Journal of Learning and Technology, 31(3). https://doi.org/10.21432/T2RK5K

Afandi et al. (2019). *Literasi Sains dalam Pembelajaran Abad 21*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ardiana & Basri. (2017). *Strategi Pengembangan Metakognisi dalam Pembelajaran Sains*. Bandung: UPI Press.

Arikunto, S. (2009). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.

Barrett, H. (2007). *Researching electronic portfolios and learner engagement: The REFLECT initiative*. Journal of Adolescent & Adult Literacy, 50(6), 436–449. https://doi.org/10.1598/JAAL.50.6.2

Bender, W. N. (2012). *Project-Based Learning: Differentiating Instruction for the 21st Century*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Boss, S. (2011). *Project-Based Learning: A Short History*. Edutopia, 15-18.

Chen, H. L. (2009). *Using e-portfolios to support lifelong and life-wide learning*. In D. Cambridge (Ed.), *Electronic portfolios 2.0: Emergent research on implementation and impact* (pp. 29–35). Stylus Publishing.

Dent, A. L., & Koenka, A. C. (2016). *The Relation between Self-Regulated Learning and Academic Achievement Across Childhood and Adolescence: A Meta-Analysis.* Educational Psychology Review, 28(3), 425-474.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). *Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-being*. American Psychologist, 55(1), 68-78.

Ergen, B., & Kanadli, S. (2017). *The Effect of Self-Regulated Learning Strategies on Academic Achievement: A Meta-Analysis Study*. Eurasian Journal of Educational Research, 69, 55-74.

Garrison, D. R. (2003). *Cognitive presence for effective asynchronous online learning: The role of reflective inquiry, self-direction and metacognition*. In J. Bourne & J. C. Moore (Eds.), *Elements of quality online education: Practice and direction* (pp. 47–58). Sloan Consortium.

Gultepe, N., & Kilic, Z. (2015). *Effect of Scientific Argumentation on the Development of Scientific Literacy*. International Journal of Science Education, 37(3), 442-462.

Hummel, K. (2024). *Integrating 21st Century Competencies in Education Systems*. Journal of Educational Innovation, 12(1), 1-15.

Jarrott, S. E., & Gambrel, L. E. (2011). *The Use of e-Portfolios to Foster Collaboration and Reflection*. International Journal of ePortfolio, 1(1), 29-34.

Kemendikbud. (2019). *Panduan Implementasi Keterampilan Abad ke-21 dalam Kurikulum 2013*. Jakarta: Kemendikbud.

Kemendikbudristek. (2021). *Kurikulum Merdeka dan Platform Merdeka Mengajar.* Jakarta: Kemendikbudristek.

Knowles, M. S. (1975). *Self-directed learning: A guide for learners and teachers*. Association Press.

Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., ... & Ryan, M. (2003). *Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting Learning by Design into practice*. Journal of the Learning Sciences, 12(4), 495–547.

Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). *Project-based learning*. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 317–334). Cambridge University Press.

Laksana et al. (2022). *E-Portfolios as Tools for Enhancing Vocational Students' English Skills: A Case Study in Bali Polytechnic*. International Journal of Vocational Education and Training Research, 8(2), 34-42.

Laugksch, R. C. (2000). *Scientific Literacy: A Conceptual Overview*. Science Education, 84(1), 71-94.

Liu, X. (2009). *Beyond Science Literacy: Science and the Public*. International Journal of Environmental & Science Education, 4(3), 301-311.

Lorenzo, G., & Ittelson, J. (2005). *An overview of e-portfolios*. EDUCAUSE Learning Initiative Paper, 1–27. https://library.educause.edu/resources/2005/1/an-overview-of-eportfolios

Mayuni et al. (2019). *Pengaruh Model Project-Based Learning terhadap Hasil Belajar IPA*. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 8(2), 285-296.

OECD. (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264239555-en

OECD. (2019). *PISA 2018 Results: What Students Know and Can Do*. OECD Publishing, Paris.

Schunk, D. H., & Greene, J. A. (2018). *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance*. Routledge.

Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Suhelayanti et al. (2023). *Implementasi Mata Pelajaran IPAS dalam Kurikulum Merdeka di SMK*. Jurnal Inovasi Pendidikan, 7(1), 45-52.

Thomas, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-Based Learning*. San Rafael, CA: Autodesk Foundation.

Tran, T. H. (2023). *Enhancing Physics Learning through Project-Based Learning Supported by Google Sites e-Portfolios*. International Journal of Educational Research, 116, 102-111.

Wetcho, S., & Na-Songkhla, J. (2019). *The Different Roles of e-Portfolio Components in Promoting Students' Perceived Achievement and Self-Regulation in Higher Education*. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 1-18.

Wijaya, E. Y., Sudjimat, D. A., & Nyoto, A. (2016). *Transformasi Pendidikan Abad 21 Sebagai Tuntutan Pengembangan Sumber Daya Manusia di Era Global*. Jurnal Pendidikan, 1(2), 263-278.

Zimmerman, B. J. (1989). *A Social Cognitive View of Self-Regulated Academic Learning*. Journal of Educational Psychology, 81(3), 329-339.

Zimmerman, B. J. (2002). *Becoming a self-regulated learner: An overview*. Theory Into Practice, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

.