Copyright © 2026 The Author(s)
Didaktika: Jurnal Kependidikan Vol. 15 No. 4, November 2026

Pengaruh E-Modul Interaktif Adaptif terhadap Literasi Digital dan Kemandirian Belajar Siswa Sekolah Dasar

Grandy Reney Muaya[1], Gabrilia Agnes Adisty[2]
[1,2]STT Arastamar Wamena, Papua Pegunungan, Indonesia

[1]grandyrenney@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.58230/27454312.5082

Abstrak

Transformasi digital pendidikan dasar menghadapi tantangan khusus pada lingkungan dengan keterbatasan konektivitas, ketersediaan perangkat, dan kebutuhan bahan ajar yang relevan dengan pengalaman hidup siswa. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh e-modul interaktif adaptif terhadap literasi digital dan kemandirian belajar siswa sekolah dasar. Penelitian menggunakan desain quasi-experimental pretest-posttest non-equivalent control group pada 76 siswa kelas V di SD Harapan Baliem Wamena, terdiri atas 38 siswa kelompok eksperimen dan 38 siswa kelompok kontrol. Kelompok eksperimen menggunakan e-modul adaptif yang dapat diakses secara offline, memuat aktivitas interaktif, umpan balik otomatis, jalur remedial, pengayaan, dan materi yang dikontekstualisasikan dengan lingkungan lokal Papua, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran dengan bahan ajar yang digunakan secara reguler di kelas. Data diperoleh melalui tes literasi digital dan angket kemandirian belajar, kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji asumsi, uji t, ANCOVA, MANCOVA, Cohen's d untuk perubahan dalam kelompok, serta partial eta squared untuk estimasi efek model. Kemampuan awal kedua kelompok setara pada literasi digital ($p = 0,597$) dan kemandirian belajar ($p = 0,721$). Setelah perlakuan, peningkatan kelompok eksperimen lebih besar pada literasi digital (20,32 poin; $d = 2,57$) dan kemandirian belajar (19,92 poin; $d = 2,42$). Setelah skor awal dikendalikan, terdapat perbedaan signifikan antara kelompok pada literasi digital, $F(1,73) = 71,682$, $p < 0,001$, $\eta p^2 = 0,495$, dan kemandirian belajar, $F(1,73) = 64,871$, $p < 0,001$, $\eta p^2 = 0,470$. MANCOVA juga menunjukkan efek multivariat yang signifikan, Wilks' $\Lambda = 0,582$, $F(2,71) = 25,864$, $p < 0,001$, $\eta p^2 = 0,418$. Temuan menunjukkan bahwa e-modul adaptif yang interaktif, kontekstual, dan dapat digunakan secara offline berpotensi memperkuat literasi digital sekaligus kemandirian belajar pada konteks sekolah dasar dengan akses teknologi terbatas. Generalisasi temuan dibatasi pada karakteristik sampel dan sekolah penelitian.

Kata kunci: e-modul adaptif, literasi digital, kemandirian belajar, pembelajaran offline, sekolah dasar

Pendahuluan

Transformasi digital telah memperluas tuntutan kompetensi pada pendidikan dasar. Siswa tidak lagi cukup hanya mampu membaca teks cetak dan menjawab soal secara konvensional, tetapi perlu mampu mengakses, memahami, memilih, mengevaluasi, menggunakan, serta mengomunikasikan informasi melalui perangkat digital secara aman dan bertanggung jawab. Literasi digital karena itu harus dipahami sebagai kompetensi yang melibatkan penggunaan teknologi secara bermakna, bukan sekadar kemampuan mengoperasikan perangkat. Falloon (2020) menegaskan bahwa kompetensi digital mencakup dimensi pengetahuan, keterampilan, sikap, dan penggunaan teknologi dalam konteks yang

relevan, sedangkan Ilomäki et al. (2023) menunjukkan bahwa literasi digital kritis di sekolah meliputi informasi, komunikasi, keamanan, partisipasi, kreativitas, dan evaluasi praktik digital.

Tantangan tersebut tidak berlangsung dalam kondisi infrastruktur yang merata. UNICEF dan International Telecommunication Union (2020) menunjukkan bahwa kesenjangan konektivitas masih membatasi kesempatan anak untuk memperoleh manfaat pembelajaran digital. Situasi ini relevan bagi Papua Pegunungan, yang memiliki karakteristik geografis, sosial, budaya, dan infrastruktur pendidikan yang berbeda dari wilayah perkotaan besar. Data pendidikan daerah juga menunjukkan perlunya inovasi yang mempertimbangkan realitas lokal (Badan Pusat Statistik Provinsi Papua, 2025). Dalam konteks sekolah dasar di Wamena, media pembelajaran digital yang bergantung pada internet stabil tidak selalu menjadi pilihan paling realistis. Bahan ajar perlu mudah digunakan, dapat berjalan pada perangkat yang tersedia, dan tetap dapat diakses secara offline.

Studi mutakhir menunjukkan bahwa e-modul interaktif dapat meningkatkan kualitas pengalaman belajar siswa sekolah dasar. Alyusfitri et al. (2024) melaporkan bahwa e-modul berbasis multimedia interaktif berkaitan dengan hasil belajar yang lebih baik, sedangkan Safitri dan Dafit (2025) menemukan bahwa e-modul interaktif dapat meningkatkan hasil belajar siswa sekolah dasar. Ningrum (2025) memperlihatkan relevansi e-modul berbasis contextual teaching and learning, dan Permatasari (2025) menunjukkan potensi e-modul literasi digital pada siswa kelas V. Pada level yang lebih luas, meta-analisis Dahl-Leonard et al. (2024) menunjukkan bahwa pembelajaran literasi yang disampaikan melalui teknologi memberikan efek positif pada siswa sekolah dasar, walaupun besarnya efek sangat bergantung pada kualitas desain pembelajaran.

Nilai pedagogis teknologi tidak terletak pada format digital semata. Callaghan dan Reich (2021) menunjukkan bahwa scaffolding dan pengaturan tingkat kesulitan pada aplikasi digital dapat mendukung pembelajaran anak, sementara Colliot et al. (2024) menemukan bahwa umpan balik adaptif real-time memberikan nilai tambah dibandingkan penggunaan perangkat tanpa dukungan adaptif. Dalam kajian personalisasi digital, Van Schoors et al. (2021) menunjukkan bahwa teknologi dapat menyesuaikan aktivitas dengan karakteristik, kebutuhan, atau performa siswa. Sharma et al. (2024) dan Prasse et al. (2024) lebih lanjut menempatkan feedback, scaffolding, lintasan belajar, self-assessment, dan dukungan regulasi diri sebagai elemen penting dalam lingkungan belajar digital adaptif.

Kebutuhan tersebut berkaitan langsung dengan kemandirian belajar. Dalam penelitian ini, kemandirian belajar merujuk pada kemampuan siswa memulai kegiatan belajar, menetapkan tujuan, mengatur waktu, memilih strategi, menyelesaikan tugas, memantau pemahaman, mencari bantuan secara tepat, dan mengevaluasi hasil belajar. Dignath dan Veenman (2021) menunjukkan bahwa self-regulated learning dapat didukung melalui instruksi strategi dan penciptaan lingkungan belajar yang mengaktifkan tanggung jawab siswa. Theobald (2021) juga menemukan bahwa intervensi SRL dapat meningkatkan strategi regulasi, motivasi, dan performa akademik. Dalam lingkungan digital, Xu et al. (2023) menegaskan pentingnya SRL bagi keberhasilan belajar, sedangkan Mejeh dan Sarbach (2025) menunjukkan bahwa teknologi adaptif dapat dirancang untuk meningkatkan dukungan terhadap regulasi diri.

Meskipun penelitian e-modul, adaptive learning, literasi digital, dan SRL berkembang pesat, masih terdapat tiga celah yang relevan. Pertama, banyak studi e-modul sekolah dasar berfokus pada hasil kognitif, kelayakan media, atau respons siswa, sedangkan literasi digital dan kemandirian belajar belum banyak diuji sebagai dua outcome utama secara simultan. Kedua, studi adaptive learning lebih sering membahas sistem daring atau lingkungan teknologi yang relatif kaya, sementara bentuk adaptivitas sederhana yang dapat berjalan offline masih penting bagi daerah dengan keterbatasan konektivitas. Ketiga, konteks budaya lokal belum

Copyright © 2026 The Author(s)

selalu menjadi bagian integral dari desain digital. Penelitian pada komunitas Indigenous menunjukkan bahwa teknologi pendidikan perlu memperhatikan identitas, bahasa, akses, dan kesesuaian budaya (Sianturi et al., 2022; Sianturi et al., 2023; Riley et al., 2025).

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini menguji apakah e-modul interaktif adaptif memengaruhi literasi digital dan kemandirian belajar siswa sekolah dasar, baik secara parsial maupun simultan. Konteks lokal Papua ditempatkan sebagai karakteristik desain intervensi dan konteks implementasi, bukan sebagai batas konseptual judul penelitian. Kebaruan penelitian terletak pada pengujian satu paket intervensi yang mengintegrasikan interaktivitas, umpan balik adaptif, percabangan remedial dan pengayaan, akses offline, serta kontekstualisasi materi lokal dengan dua outcome yang merepresentasikan kompetensi belajar digital dan regulasi belajar. Dengan desain ini, penelitian tidak hanya menilai apakah siswa memperoleh skor lebih tinggi setelah menggunakan media digital, tetapi juga apakah perbedaan capaian tetap muncul setelah kemampuan awal dikendalikan. Penelitian diharapkan memperluas bukti mengenai pembelajaran adaptif pada pendidikan dasar dan menawarkan alternatif desain pembelajaran digital yang realistis bagi sekolah dengan keterbatasan konektivitas.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental pretest-posttest non-equivalent control group. Desain dipilih karena unit kelas telah terbentuk sebelum penelitian sehingga randomisasi individual tidak dilakukan. Dua kelas yang memiliki karakteristik akademik awal relatif sebanding ditetapkan sebagai kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Penempatan kelompok mengikuti kelas yang tersedia di sekolah dan bukan hasil pengacakan individu. Kelompok eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan e-modul interaktif adaptif, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran reguler menggunakan bahan ajar yang lazim digunakan guru tanpa mekanisme adaptif otomatis. Materi pokok, target kompetensi, dan alokasi waktu pembelajaran antarkelompok diupayakan setara; perbedaan utama terletak pada penggunaan e-modul adaptif pada kelompok eksperimen.

Penelitian dilaksanakan di SD Harapan Baliem Wamena, Kabupaten Jayawijaya, Provinsi Papua Pegunungan. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas V pada sekolah tersebut. Sampel berjumlah 76 siswa, terdiri atas 38 siswa kelompok eksperimen dan 38 siswa kelompok kontrol. Pemilihan sampel menggunakan purposive sampling dengan mempertimbangkan ketersediaan perangkat, izin sekolah, kesiapan guru, dan kesetaraan karakteristik siswa. Untuk mengurangi bias implementasi, materi ajar dan tujuan pembelajaran pada kedua kelompok diselaraskan, sedangkan perbedaan perlakuan difokuskan pada penggunaan fitur interaktif-adaptif pada kelompok eksperimen.

E-modul dirancang agar dapat digunakan secara offline melalui komputer, laptop, tablet, atau telepon pintar. Fitur utamanya meliputi materi multimodal, navigasi terstruktur, aktivitas interaktif, kuis formatif, umpan balik otomatis, jalur remedial “Pelajari Lagi”, dan jalur pengayaan “Tantangan Lanjutan”. Mekanisme adaptif bekerja berdasarkan respons siswa pada aktivitas atau kuis: siswa yang belum mencapai kriteria penguasaan diarahkan kembali ke materi atau latihan remedial, sedangkan siswa yang telah mencapai kriteria memperoleh aktivitas pengayaan. Struktur ini dimaksudkan untuk memberikan dukungan belajar yang berbeda tanpa mensyaratkan koneksi internet selama penggunaan.

Intervensi dilaksanakan dalam rangkaian pembelajaran reguler kelas V pada unit materi yang sama bagi kedua kelompok. Pada kelompok eksperimen, e-modul digunakan sebagai

media utama untuk mempelajari materi, mengerjakan aktivitas, menerima umpan balik, serta mengikuti jalur remedial atau pengayaan sesuai respons siswa. Kelompok kontrol mengikuti pembelajaran reguler tanpa mekanisme percabangan adaptif. Pelaksanaan kedua kondisi mengikuti alokasi waktu pembelajaran yang berlaku di sekolah, sehingga cakupan materi, target kompetensi, dan kesempatan belajar diupayakan sebanding; perbedaan utama antarkelompok terletak pada karakter interaktif-adaptif media yang digunakan.

Kondisi pembanding merepresentasikan praktik pembelajaran reguler di sekolah dengan bahan ajar yang lazim digunakan guru dan, apabila digunakan, media digital yang tidak menyediakan umpan balik adaptif maupun percabangan berdasarkan performa siswa. Guru tetap berperan memberi penjelasan dan bantuan belajar pada kedua kelompok. Kesetaraan perlakuan dijaga pada tujuan pembelajaran, substansi materi, dan alokasi waktu, sedangkan unsur yang dibedakan secara sistematis adalah penggunaan e-modul dengan navigasi interaktif, umpan balik otomatis, remediasi, dan pengayaan pada kelompok eksperimen.

Literasi digital dioperasionalkan melalui kemampuan mengoperasikan perangkat digital dasar, mencari dan mengakses informasi, memahami dan mengevaluasi informasi digital, menggunakan informasi untuk menyelesaikan tugas, berkomunikasi melalui media digital, serta memahami keamanan dan etika digital. Kemandirian belajar dioperasionalkan melalui inisiatif belajar, penetapan tujuan, pengaturan waktu, pemilihan strategi, penyelesaian tugas, pemantauan pemahaman, pencarian bantuan, dan evaluasi hasil belajar.

Instrumen literasi digital dikembangkan berdasarkan enam domain operasional penelitian, yaitu pengoperasian perangkat digital dasar, pencarian dan akses informasi, pemahaman dan evaluasi informasi digital, penggunaan informasi untuk menyelesaikan tugas, komunikasi melalui media digital, serta keamanan dan etika digital. Instrumen kemandirian belajar dikembangkan berdasarkan delapan indikator, yaitu inisiatif belajar, penetapan tujuan, pengaturan waktu, pemilihan strategi, penyelesaian tugas, pemantauan pemahaman, pencarian bantuan, dan evaluasi hasil belajar. Skor komposit masing-masing instrumen digunakan secara konsisten pada pretest dan posttest. Karena analisis utama membandingkan perubahan dan skor akhir setelah kemampuan awal dikendalikan, prosedur administrasi instrumen, kondisi pengerjaan, dan aturan penskoran dipertahankan sama pada kedua waktu pengukuran dan pada kedua kelompok. Interpretasi hasil dibatasi pada konstruk sebagaimana dioperasionalkan melalui indikator-indikator tersebut.

Kontekstualisasi lokal Papua ditempatkan sebagai prinsip representasi materi, bukan sebagai variabel perlakuan yang diuji secara terpisah. Materi dan aktivitas e-modul menggunakan situasi yang dekat dengan pengalaman siswa di Papua Pegunungan, seperti lingkungan geografis pegunungan, kehidupan sehari-hari di sekitar sekolah dan komunitas, serta contoh yang menghubungkan konsep akademik dengan realitas lokal. Penggunaan representasi kontekstual dimaksudkan untuk mengurangi jarak antara materi digital dan pengalaman keseharian siswa. Karena komponen konteks lokal diberikan bersama interaktivitas, adaptivitas, dan mode offline sebagai satu paket intervensi, penelitian ini tidak mengatribusikan besarnya efek secara independen pada unsur budaya atau konteks lokal tertentu.

Penelitian melibatkan siswa sekolah dasar sehingga pelaksanaannya ditempatkan dalam koordinasi dan izin sekolah serta mengikuti prinsip perlindungan peserta didik. Identitas siswa tidak digunakan dalam pelaporan hasil; data dianalisis secara agregat pada tingkat kelompok dan digunakan untuk kepentingan penelitian. Partisipasi dalam kegiatan penelitian tidak mengubah hak siswa untuk mengikuti pembelajaran reguler, dan proses pengumpulan data dirancang agar tidak menimbulkan konsekuensi akademik individual bagi peserta.

Copyright © 2026 The Author(s)

Pelaporan hasil juga tidak memuat informasi yang memungkinkan identifikasi siswa secara pribadi.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif meliputi mean, median, standar deviasi, skor minimum, dan skor maksimum. Normalitas diperiksa menggunakan Shapiro-Wilk dan homogenitas varians menggunakan Levene's test. Kesetaraan kemampuan awal diuji dengan independent-samples t-test. Perubahan pretest-posttest pada masing-masing kelompok dianalisis menggunakan paired-samples t-test; Cohen's d dilaporkan khusus sebagai ukuran perubahan dalam kelompok, bukan sebagai estimasi efek kausal antarkelompok. Pengaruh perlakuan terhadap masing-masing outcome dianalisis menggunakan ANCOVA dengan skor pretest outcome terkait sebagai kovariat, sedangkan pengaruh simultan terhadap literasi digital dan kemandirian belajar dianalisis menggunakan MANCOVA dengan kedua skor pretest sebagai kovariat. Besarnya efek model dilaporkan menggunakan partial eta squared (ηp^2), dan adjusted mean beserta interval kepercayaan 95% digunakan untuk memperlihatkan capaian antarkelompok setelah kemampuan awal dikendalikan. Sebelum interpretasi ANCOVA/MANCOVA, asumsi linearitas, homogenitas kemiringan regresi, homogenitas matriks kovarians, serta tidak adanya multikolinearitas yang bermasalah perlu diperiksa.

Pemeriksaan asumsi dilakukan sebelum interpretasi model inferensial. Normalitas skor diperiksa dengan Shapiro-Wilk dan homogenitas varians dengan Levene's test; seluruh hasil yang dilaporkan memenuhi kriteria $p > 0,05$. Untuk ANCOVA dan MANCOVA, interpretasi dilakukan dengan memperhatikan linearitas hubungan kovariat-outcome, kesetaraan pola hubungan kemampuan awal dengan skor akhir antarkelompok, serta keterkaitan antardependen agar tidak terjadi redundansi konstruk yang berlebihan. Karena statistik diagnostik rinci untuk homogenitas kemiringan regresi dan homogenitas matriks kovarians tidak tersedia dalam naskah sumber, hasil ANCOVA dan MANCOVA ditafsirkan secara konservatif dan bersama-sama dengan adjusted mean, interval kepercayaan 95%, serta pola deskriptif antarkelompok, bukan sebagai satu-satunya dasar inferensi.

Hasil

Statistik Deskriptif dan Pemeriksaan Awal

Statistik deskriptif menunjukkan bahwa kelompok eksperimen dan kontrol memulai penelitian dengan skor yang relatif berdekatan. Setelah perlakuan, peningkatan mean pada kelompok eksperimen lebih besar pada kedua variabel. Ringkasan skor pretest dan posttest disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Literasi Digital dan Kemandirian Belajar

Variabel	Kelompok	Pengukuran	N	Mean	Median	SD	Min	Maks
Literasi Digital	Eksperimen	Pretest	38	61,84	62,00	7,21	48	75
Literasi Digital	Eksperimen	Posttest	38	82,16	83,00	6,34	68	94
Literasi Digital	Kontrol	Pretest	38	60,97	61,00	7,08	47	74
Literasi Digital	Kontrol	Posttest	38	70,29	70,00	6,89	56	84
Kemandirian Belajar	Eksperimen	Pretest	38	64,11	64,00	6,87	51	78
Kemandirian Belajar	Eksperimen	Posttest	38	84,03	84,00	5,92	70	95

Kemandirian Belajar	Kontrol	Pretest	38	63,55	63,00	6,73	50	76
Kemandirian Belajar	Kontrol	Posttest	38	72,18	72,00	6,46	58	85

Hasil Shapiro-Wilk menunjukkan seluruh skor pretest dan posttest pada kedua variabel dan kedua kelompok memiliki $p > 0,05$, dengan nilai signifikansi berkisar antara 0,271 sampai 0,518. Levene's test juga menghasilkan $p > 0,05$ pada literasi digital pretest (0,669) dan posttest (0,402), serta kemandirian belajar pretest (0,758) dan posttest (0,510). Uji kesetaraan awal menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol pada literasi digital, $t(74) = 0,531$, $p = 0,597$, maupun kemandirian belajar, $t(74) = 0,358$, $p = 0,721$.

Pengujian Hipotesis

Paired-samples t-test menunjukkan peningkatan yang signifikan pada literasi digital dan kemandirian belajar di kedua kelompok (seluruh $p < 0,001$). Cohen's d pada Tabel 2 dihitung untuk menggambarkan besar perubahan pretest-posttest di dalam masing-masing kelompok. Karena ukuran tersebut tidak secara langsung membandingkan perubahan kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol, interpretasi efek perlakuan terutama didasarkan pada ANCOVA, MANCOVA, adjusted mean, dan partial eta squared.

Tabel 2. Peningkatan Literasi Digital dan Kemandirian Belajar

Variabel	Kelompok	Mean Pretest	Mean Posttest	Mean Diff.	t	df	Sig.	Cohen's d
Literasi Digital	Eksperimen	61,84	82,16	20,32	15,842	37	<0,001	2,57
Literasi Digital	Kontrol	60,97	70,29	9,32	7,486	37	<0,001	1,21
Kemandirian Belajar	Eksperimen	64,11	84,03	19,92	14,936	37	<0,001	2,42
Kemandirian Belajar	Kontrol	63,55	72,18	8,63	6,814	37	<0,001	1,10

MANCOVA menunjukkan adanya efek kelompok yang signifikan terhadap kombinasi literasi digital dan kemandirian belajar, Wilks' $\Lambda = 0,582$, $F(2,71) = 25,864$, $p < 0,001$, $\eta p^2 = 0,418$. Kedua kovariat juga signifikan dalam model multivariat. Rincian hasil MANCOVA disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Simultan Berdasarkan MANCOVA

Efek	Wilks' Lambda	F	df Hipotesis	df Error	Sig.	Partial Eta Squared
Kelompok	0,582	25,864	2	71	<0,001	0,418
Pretest Literasi Digital	0,741	12,406	2	71	<0,001	0,259
Pretest	0,764	10,982	2	71	<0,001	0,236

Copyright © 2026 The Author(s)

Efek	Wilks' Lambda	F	df Hipotesis	df Error	Sig.	Partial Eta Squared
Kemandirian Belajar						

Analisis ANCOVA menunjukkan pengaruh kelompok yang signifikan terhadap literasi digital, $F(1,73) = 71{,}682$, $p < 0{,}001$, $\eta p^2 = 0{,}495$, dan kemandirian belajar, $F(1,73) = 64{,}871$, $p < 0{,}001$, $\eta p^2 = 0{,}470$. Skor pretest masing-masing variabel juga berkontribusi signifikan terhadap skor posttest. Dengan demikian, perbedaan capaian akhir tetap muncul setelah variasi kemampuan awal diperhitungkan. Hasil lengkap disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh Parsial Berdasarkan ANCOVA

Variabel	Sumber Variasi	F	Sig.	Partial Eta Squared	df1	df2
Literasi Digital	Pretest Literasi Digital	22,487	<0,001	0,235	1	73
Literasi Digital	Kelompok	71,682	<0,001	0,495	1	73
Kemandirian Belajar	Pretest Kemandirian Belajar	19,613	<0,001	0,212	1	73
Kemandirian Belajar	Kelompok	64,871	<0,001	0,470	1	73

Adjusted mean menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memperoleh capaian yang lebih tinggi setelah kemampuan awal dikendalikan. Pada literasi digital, adjusted mean kelompok eksperimen adalah 82,04 dan kelompok kontrol 70,41. Pada kemandirian belajar, adjusted mean kelompok eksperimen adalah 83,91 dan kelompok kontrol 72,30. Interval kepercayaan 95% setiap estimasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Adjusted Mean Kelompok Eksperimen dan Kontrol

Variabel	Kelompok	Adjusted Mean	SE	95% CI Lower	95% CI Upper
Literasi Digital	Eksperimen	82,04	0,99	80,07	84,01
Literasi Digital	Kontrol	70,41	0,99	68,44	72,38
Kemandirian Belajar	Eksperimen	83,91	1,02	81,88	85,94
Kemandirian Belajar	Kontrol	72,30	1,02	70,27	74,33

Pembahasan

Temuan penelitian menunjukkan bahwa e-modul interaktif adaptif memberikan keuntungan yang konsisten pada literasi digital dan kemandirian belajar dalam konteks sampel

penelitian. Kesimpulan ini tidak hanya bertumpu pada peningkatan pretest-posttest. Kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang setara, tetapi kelompok eksperimen menunjukkan kenaikan yang lebih besar, adjusted mean yang lebih tinggi setelah kemampuan awal dikendalikan, efek univariat yang signifikan pada kedua outcome, serta efek multivariat yang signifikan ketika keduanya dianalisis bersama. Karena kelompok kontrol juga meningkat, hasil tidak menunjukkan bahwa pembelajaran reguler tidak efektif; hasil justru menunjukkan adanya keuntungan tambahan yang berkaitan dengan paket intervensi e-modul adaptif. Dalam desain quasi-experimental, frasa "berkaitan dengan" atau "memberikan keuntungan" lebih tepat daripada klaim kausal absolut, karena penempatan siswa tidak dilakukan melalui randomisasi individual.

Pada literasi digital, pengaruh kelompok yang kuat setelah pretest dikontrol menunjukkan bahwa kemampuan awal bukan satu-satunya penjelas capaian akhir. Selisih adjusted mean sekitar 11,63 poin menguntungkan kelompok eksperimen. Hasil ini dapat dijelaskan oleh karakteristik e-modul yang menempatkan siswa sebagai pengguna aktif teknologi. Siswa perlu menavigasi menu, memahami instruksi digital, memilih informasi, menjawab kuis, menerima umpan balik, dan menggunakan hasil respons untuk menentukan langkah berikutnya. Aktivitas tersebut konsisten dengan pemahaman literasi digital sebagai kemampuan menggunakan teknologi dan informasi secara produktif, kritis, aman, dan bertanggung jawab (Falloon, 2020; Ilomäki et al., 2023).

Temuan tersebut juga sejalan dengan studi yang menunjukkan bahwa kualitas rancangan digital lebih menentukan daripada keberadaan perangkat semata. Dahl-Leonard et al. (2024) menemukan efek positif teknologi terhadap pembelajaran literasi siswa sekolah dasar, tetapi juga menunjukkan variasi efek antarintervensi. Callaghan dan Reich (2021) menunjukkan bahwa scaffolding dan leveling dapat membantu pembelajaran melalui aplikasi, sedangkan Colliot et al. (2024) memperlihatkan bahwa umpan balik adaptif real-time menghasilkan manfaat yang tidak muncul ketika perangkat hanya berfungsi sebagai media penyaji. Dalam konteks e-modul, hal ini menjelaskan mengapa fitur umpan balik, remediasi, dan pengayaan lebih penting daripada sekadar mengubah bahan ajar cetak menjadi format elektronik.

Hasil ini melengkapi penelitian e-modul pada pendidikan dasar. Alyusfitri et al. (2024) dan Safitri dan Dafit (2025) menunjukkan manfaat e-modul interaktif terhadap hasil belajar, sedangkan Ningrum (2025) menekankan relevansi pendekatan kontekstual. Permatasari (2025) juga menunjukkan pemanfaatan e-modul untuk penguatan literasi pada siswa kelas V. Penelitian ini memperluas arah tersebut dengan menempatkan literasi digital sebagai outcome utama yang mencakup interaksi bermakna dengan lingkungan digital, bukan hanya capaian mata pelajaran. Meta-analisis Lei et al. (2021) yang menemukan hubungan positif antara ICT literacy dan capaian akademik memperkuat pentingnya kompetensi ini bagi proses belajar siswa.

Pada kemandirian belajar, ANCOVA menunjukkan bahwa efek kelompok tetap kuat setelah kemampuan awal dikontrol, dengan selisih adjusted mean sekitar 11,61 poin. Temuan ini relevan dengan perspektif self-regulated learning karena siswa tidak hanya menerima konten, tetapi juga harus merespons informasi tentang kemajuan belajarnya. Fitur "Pelajari Lagi" mengarahkan siswa pada remediasi ketika penguasaan belum tercapai, sedangkan "Tantangan Lanjutan" memberi jalur pengayaan ketika siswa telah menguasai materi. Struktur tersebut dapat mengaktifkan monitoring, pengambilan keputusan, persistensi, pencarian bantuan, dan evaluasi pemahaman.

Penjelasan tersebut didukung oleh literatur adaptive learning dan SRL. Dignath dan Veenman (2021) menegaskan pentingnya lingkungan yang mengaktifkan regulasi diri,

Copyright © 2026 The Author(s)

sementara Theobald (2021) menunjukkan manfaat intervensi SRL terhadap strategi belajar dan performa. Sharma et al. (2024) menemukan bahwa adaptive digital learning environments memanfaatkan feedback, scaffolding, lintasan belajar, self-assessment, dan help-seeking untuk mendukung regulasi. Prasse et al. (2024) juga menunjukkan bahwa teknologi yang efektif untuk SRL perlu mendukung beberapa fase regulasi diri, bukan hanya menyampaikan konten. Mejeh dan Sarbach (2025) menambahkan bahwa teknologi adaptif memperoleh nilai ketika dukungan disesuaikan dengan kebutuhan siswa.

Temuan ini konsisten pula dengan analisis adaptive scaffolding oleh Munshi et al. (2022), yang menunjukkan bahwa dukungan adaptif dapat membantu perkembangan perilaku SRL. Namun, penelitian ini belum menguji fitur e-modul sebagai mediator secara terpisah. Karena itu, tidak dapat disimpulkan bahwa satu fitur tertentu, misalnya "Pelajari Lagi" atau umpan balik otomatis secara independen menyebabkan peningkatan kemandirian belajar. Penjelasan berbasis SRL merupakan interpretasi teoritis terhadap pola data, sedangkan mekanisme spesifik masih perlu diuji melalui log penggunaan, learning analytics, atau desain eksperimental multi-kondisi.

Hasil MANCOVA memperlihatkan bahwa keuntungan perlakuan juga muncul ketika literasi digital dan kemandirian belajar dipandang sebagai kombinasi outcome. Secara pedagogis, hal ini masuk akal karena dua kompetensi tersebut dapat berkembang dalam rangkaian aktivitas yang sama. Ketika siswa menavigasi e-modul, memproses informasi, memeriksa umpan balik, mengulang materi, atau memilih pengayaan, siswa menggunakan kemampuan digital sekaligus mengatur tindakannya sendiri. Kajian Van Schoors et al. (2021) menunjukkan bahwa digital personalised learning memanfaatkan informasi tentang karakteristik atau performa siswa untuk menyesuaikan pengalaman belajar; Xu et al. (2023) juga menunjukkan bahwa regulasi diri merupakan bagian penting dari keberhasilan belajar dalam lingkungan digital.

Meskipun demikian, hasil multivariat tidak membuktikan hubungan kausal antara literasi digital dan kemandirian belajar. MANCOVA menunjukkan bahwa kondisi pembelajaran memengaruhi kombinasi dua outcome setelah kovariat dikontrol, bukan bahwa peningkatan salah satu outcome menyebabkan outcome yang lain. Signifikannya skor pretest sebagai kovariat justru menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa tetap relevan. Temuan ini memperkuat alasan penggunaan desain adaptif: perbedaan awal antarsiswa tidak dihapus oleh teknologi, sehingga mekanisme remediasi dan pengayaan diperlukan untuk memberi lintasan yang lebih sesuai dengan tingkat penguasaan.

Konteks lokal Papua memberi dimensi penting pada relevansi intervensi, tetapi perlu dipahami sebagai bagian dari desain paket pembelajaran, bukan sebagai variabel yang diuji secara terpisah. Sianturi et al. (2022) menunjukkan pentingnya pendidikan dan sense of place bagi pemeliharaan identitas budaya masyarakat Indigenous Papua, sedangkan Sianturi et al. (2025) menunjukkan bahwa integrasi konteks budaya Papua dapat menjembatani pengalaman siswa dengan representasi akademik. Temuan dari konteks Indigenous lain juga menunjukkan arah yang sejalan: Riley et al. (2025) menyoroti potensi pendekatan responsif budaya untuk literasi digital dan Fuenzalida Orellana et al. (2025) menunjukkan bahwa e-learning menjadi lebih relevan ketika desain mempertimbangkan kebutuhan serta konteks budaya pengguna. Karena penelitian ini tidak membandingkan versi e-modul kontekstual dan nonkontekstual, kontribusi khusus unsur budaya lokal terhadap besarnya efek tidak dapat dipisahkan dari komponen adaptivitas, interaktivitas, dan akses offline.

Aspek offline juga penting dari sisi implementasi. Teknologi pendidikan di komunitas Indigenous dapat menghadapi hambatan akses, sumber daya, konektivitas, kemampuan digital, dan kesesuaian budaya (Sianturi et al., 2023). Karena itu, mode offline pada e-modul ini lebih

tepat dipahami sebagai strategi aksesibilitas dan feasibility daripada sebagai bukti bahwa pembelajaran offline lebih efektif daripada online. Penelitian tidak membandingkan dua mode tersebut secara langsung. Kontribusinya adalah menunjukkan bahwa fitur digital interaktif dan adaptif dapat dirancang agar tidak selalu bergantung pada koneksi internet.

Besarnya efek yang ditemukan perlu dibaca secara hati-hati. Cohen's d sebesar 2,57 untuk literasi digital dan 2,42 untuk kemandirian belajar merupakan ukuran perubahan dalam kelompok eksperimen, bukan estimasi langsung perbedaan efek antara kelompok. Karena itu, bukti komparatif yang lebih relevan berasal dari ANCOVA, MANCOVA, adjusted mean, dan partial eta squared. Nilai ηp^2 sebesar 0,495 pada literasi digital, 0,470 pada kemandirian belajar, dan 0,418 pada efek multivariat menunjukkan proporsi varians yang substansial terkait faktor kelompok setelah kovariat diperhitungkan, tetapi besarnya efek tetap perlu direplikasi pada sekolah dan sampel lain. Meta-analisis teknologi pendidikan juga memperlihatkan bahwa efek intervensi digital positif namun bervariasi antarprogram dan konteks (Dahl-Leonard et al., 2024), sehingga replikasi dan pengujian mekanisme merupakan langkah penting sebelum menarik generalisasi yang lebih luas.

Secara teoretis, penelitian ini memperluas kajian e-modul dengan menunjukkan bahwa desain digital dapat diarahkan pada dua kompetensi yang saling melengkapi: kemampuan berinteraksi secara bermakna dengan informasi dan perangkat digital serta kemampuan mengelola proses belajar. Secara praktis, sekolah di wilayah dengan keterbatasan konektivitas tidak harus menunggu internet berkecepatan tinggi untuk membangun pengalaman digital yang personal. E-modul dapat dirancang ringan, offline, kontekstual, menyediakan feedback, remediasi, dan pengayaan. Namun, media tetap perlu ditempatkan sebagai bagian dari ekosistem pembelajaran yang melibatkan guru, karena kemandirian siswa sekolah dasar berkembang melalui dukungan dan scaffolding, bukan melalui pelepasan tanggung jawab guru.

Penelitian memiliki beberapa keterbatasan yang penting bagi interpretasi. Desain quasi-experimental non-equivalent control group, purposive sampling, jumlah sampel 76 siswa, dan pelaksanaan pada satu sekolah membatasi validitas eksternal serta generalisasi ke seluruh sekolah dasar di Wamena atau Papua Pegunungan. Intervensi merupakan satu paket yang menggabungkan interaktivitas, adaptivitas, konteks lokal, dan mode offline, sehingga kontribusi individual setiap komponen belum dapat dipisahkan. Ketiadaan randomisasi individual juga menyisakan kemungkinan pengaruh karakteristik kelas yang tidak seluruhnya tertangkap oleh skor pretest. Penelitian selanjutnya perlu melibatkan beberapa sekolah, sampel yang lebih beragam, randomisasi pada tingkat kelas bila memungkinkan, delayed posttest, serta data proses seperti log navigasi, frekuensi remediasi, penggunaan pengayaan, dan pola respons terhadap umpan balik. Desain faktorial atau multi-kondisi juga diperlukan untuk membedakan kontribusi adaptivitas, interaktivitas, konteks lokal, dan akses offline. Arah tersebut penting untuk menjawab bukan hanya apakah paket e-modul efektif, tetapi fitur apa yang bekerja, melalui mekanisme apa, bagi siswa yang mana, dan dalam kondisi implementasi seperti apa.

Kesimpulan

Pada 76 siswa kelas V di SD Harapan Baliem Wamena, penggunaan e-modul interaktif adaptif berkaitan dengan capaian literasi digital dan kemandirian belajar yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran kontrol. Kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang setara, tetapi setelah skor awal dikendalikan terdapat perbedaan signifikan pada literasi digital, $F(1,73) = 71{,}682$, $p < 0{,}001$, $\eta p^2 = 0{,}495$, dan kemandirian belajar, $F(1,73) = 64{,}871$, $p < 0{,}001$, $\eta p^2 = 0{,}470$. MANCOVA juga menunjukkan perbedaan multivariat yang signifikan, Wilks' $\Lambda = 0{,}582$,

Copyright © 2026 The Author(s)

$F(2,71) = 25,864$, $p < 0,001$, $\eta p^2 = 0,418$. Temuan ini mendukung potensi e-modul adaptif sebagai strategi pembelajaran digital pada konteks sekolah dasar dengan keterbatasan konektivitas.

Nilai pedagogis intervensi tidak terletak pada digitalisasi materi semata, tetapi pada integrasi interaktivitas, umpan balik, remediasi, pengayaan, kesempatan memonitor kemajuan, dan relevansi materi dengan konteks kehidupan siswa. Namun, karena semua komponen diberikan sebagai satu paket, penelitian belum dapat menentukan kontribusi independen adaptivitas, interaktivitas, konteks lokal Papua, atau mode offline. Selain itu, cakupan satu sekolah, purposive sampling, dan desain tanpa randomisasi individual membatasi generalisasi. Oleh karena itu, kesimpulan penelitian ini sebaiknya diterapkan pada karakteristik sampel dan konteks sekolah yang diteliti, sementara pengujian multisitus dan desain eksperimental yang lebih kuat diperlukan sebelum temuan diperluas ke populasi sekolah dasar yang lebih luas.

References

Alyusfitri, R., Gistituati, N., Yerizon, Fauzan, A., & Yarman. (2024). The effectiveness and relationship of student responses toward learning outcomes using interactive multimedia-based e-modules in elementary schools. International Electronic Journal of Elementary Education, 16(5), 573–584. https://iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/2203

Badan Pusat Statistik Provinsi Papua. (2025). Indikator Pendidikan Provinsi Papua Pegunungan Tahun 2024. BPS Provinsi Papua. https://papua.bps.go.id/id/publication/2025/06/05/1b18411a2ac7024ba675022b/indikator-pendidikan-provinsi-papua-pegunungan-tahun-2024.html

Callaghan, M. N., & Reich, S. M. (2021). Mobile app features that scaffold pre-school learning: Verbal feedback and leveling designs. *British Journal of Educational Technology, 52*(2), 785–806. https://doi.org/10.1111/bjet.13055.

Colliot, T., Krichen, O., Girard, N., Anquetil, É., & Jamet, É. (2024). What makes tablet-based learning effective? A study of the role of real-time adaptive feedback. *British Journal of Educational Technology, 55*(5), 2278–2295. https://doi.org/10.1111/bjet.13439.

Dahl-Leonard, K., Hall, C., & Peacott, D. (2024). A meta-analysis of technology-delivered literacy instruction for elementary students. *Educational Technology Research and Development, 72*, 1507–1538. https://doi.org/10.1007/s11423-024-10354-0.

Dignath, C., & Veenman, M. V. J. (2021). The role of direct strategy instruction and indirect activation of self-regulated learning—Evidence from classroom observation studies. *Educational Psychology Review, 33*, 489–533. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09534-0.

Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: The teacher digital competency framework. *Educational Technology Research and Development, 68*, 2449–2472. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09767-4.

Fuenzalida Orellana, D. A., Sotomayor Echenique, C., Lucchini, S., Calderón López, M., & Colognesi, S. (2025). Culturally responsive e-learning for Indigenous educators in Chile: Insights from an ICT training initiative. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries, 91*(5), e70032. https://doi.org/10.1002/isd2.70032.

Ilomäki, L., Lakkala, M., Kallunki, V., Mundy, D., Romero, M., Romeu, T., & Gouseti, A. (2023). Critical digital literacies at school level: A systematic review. *Review of Education, 11*(3), e3425. https://doi.org/10.1002/rev3.3425.

Lei, H., Xiong, Y., Chiu, M. M., Zhang, J., & Cai, Z. (2021). The relationship between ICT literacy and academic achievement among students: A meta-analysis. *Children and Youth Services Review, 127*, 106123. https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2021.106123.

Mejeh, M., & Sarbach, L. (2025). Co-design: From understanding to prototyping an adaptive learning technology to enhance self-regulated learning. Technology, Knowledge and Learning, 30, 1021–1046. https://doi.org/10.1007/s10758-024-09788-5

Munshi, A., Biswas, G., Baker, R. S., Ocumpaugh, J., Hutt, S., & Paquette, L. (2022). Analyzing adaptive scaffolds that help students develop self-regulated learning behaviors. Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education. https://arxiv.org/abs/2202.09698

Ningrum, O. C. (2025). Interactive e-module based on contextual teaching and learning as a digital learning media for elementary school students. International Journal of Elementary Education. https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/IJEE/article/view/110881

Permatasari, R. Y. (2025). Development of Indonesian language digital literacy e-module and its effectiveness in improving reading comprehension skills of fifth grade students at SD Negeri 3 Randulawang. Schola. https://journal2.upgris.ac.id/index.php/schola/article/view/3179

Prasse, D., Webb, M., Deschênes, M., Parent, S., Aeschlimann, F., Goda, Y., Yamada, M., & Raynault, A. (2024). Challenges in promoting self-regulated learning in technology supported learning environments: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Technology, Knowledge and Learning, 29*, 1809–1830. https://doi.org/10.1007/s10758-024-09772-z.

Riley, T., Meston, T., Wallis, L., & Kim, E.-J. A. (2025). From sandstone to screen: A culturally responsive arts-based approach to digital literacy in a remote Indigenous community in Australia. *Learning, Media and Technology*, 1–15. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/17439884.2025.2457669.

Safitri, T. R., & Dafit, F. (2025). Development of interactive e-modules for elementary students: Enhancing learning outcomes. PrimaryEdu: Journal of Primary Education, 9(1), 51–67. https://doi.org/10.22460/pej.v9i1.5681

Sharma, K., Nguyen, A., & Hong, Y. (2024). Self-regulation and shared regulation in collaborative learning in adaptive digital learning environments: A systematic review of empirical studies. *British Journal of Educational Technology, 55*(4), 1398–1436. https://doi.org/10.1111/bjet.13459.

Sianturi, M., Chiang, C.-L., & Sumarsono, A. (2022). The preservation of the identity and culture of the Indigenous Lanninese people of West Papua, Indonesia, through education. *Culture and Education, 34*(2), 424–465. https://doi.org/10.1080/11356405.2022.2034287.

Sianturi, M., Lee, J.-S., & Cumming, T. M. (2023). Using technology to facilitate partnerships between schools and Indigenous parents: A narrative review. *Education and Information Technologies, 28*, 6141–6164. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11427-4.

Sianturi, M., Suliantin, R., & Sianturi, I. A. J. (2025). Connecting cultures with mathematics: A study on incorporating Indigenous Papuan cultural contexts to mitigate errors in solving math word problems. *Journal of Intercultural Studies, 46*(5), 831–855. https://doi.org/10.1080/07256868.2024.2440467.

Copyright © 2026 The Author(s)

Theobald, M. (2021). Self-regulated learning training programs enhance university students' academic performance, self-regulated learning strategies, and motivation: A meta-analysis. *Contemporary Educational Psychology, 66*, 101976. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2021.101976.

UNICEF, & International Telecommunication Union. (2020). How many children and young people have internet access at home? Estimating digital connectivity during the COVID-19 pandemic. UNICEF.

Van Schoors, R., Elen, J., Raes, A., & Depaepe, F. (2021). An overview of 25 years of research on digital personalised learning in primary and secondary education: A systematic review of conceptual and methodological trends. *British Journal of Educational Technology, 52*(5), 1798–1822. https://doi.org/10.1111/bjet.13148.

Xu, Z., Zhao, Y., Liew, J., Zhou, X., & Kogut, A. (2023). Synthesizing research evidence on self-regulated learning and academic achievement in online and blended learning environments: A scoping review. *Educational Research Review, 39*, 100510. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100510.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---