

WebCode apps: mobile learning peningkat keterampilan pemrograman web statis siswa Sekolah Menengah Kejuruan

Ade Roni¹, Tuti Suartini², Suciati³

¹ Program Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 40154, Indonesia

*Korespondensi:

Ade Roni

aderoni@upi.edu

Program Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 40154, Indonesia

Artikel Histori

Submitted: 1 Mei 2026

Revised Paper: 28 Mei 2026

Accepted: 28 Mei 2026

Published: 30 Mei 2026

© 2026, Authors



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Abstrak

Purpose. Penelitian ini bertujuan mengembangkan serta mengevaluasi keefektifan WebCode Apps sebagai media mobile learning berbasis smartphone untuk meningkatkan keterampilan HTML, CSS, dan JavaScript siswa SMK. **Metode.** Penelitian menggunakan model research and development berbasis ADDIE yang dipadukan dengan kuasi-eksperimen pretest-posttest nonequivalent control group. Populasi penelitian adalah 108 peserta didik kelas XI RPL tahun ajaran 2025/2026 yang tersebar pada tiga kelas. Sampel ditentukan menggunakan teknik cluster sampling. Satu kelas ditetapkan sebagai kelas eksperimen, satu kelas sebagai kelas kontrol, dan satu kelas digunakan untuk uji coba instrumen serta uji keterbacaan media sebelum intervensi utama. **Findings.** Penetapan kelas eksperimen dan kontrol dilakukan melalui undian untuk menekan bias pemilihan kelas. Produk divalidasi oleh ahli materi, media, dan bahasa; kepraktisan diukur melalui respons guru dan siswa; efektivitas dianalisis melalui skor tes kognitif, rubrik praktik, N-Gain, uji beda, dan effect size. **Practical Implications.** Hasil penelitian menunjukkan WebCode Apps berada pada kategori sangat valid dan praktis serta menghasilkan peningkatan belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. **Originality.** Temuan ini mengindikasikan bahwa media mobile learning dengan editor kode, live preview, umpan balik otomatis, dan gamifikasi berpotensi memperkuat pembelajaran pemrograman web statis di SMK.

Kata Kunci : Mobile Learning; WebCode Apps; Pemrograman Web Statis; SMK; Rekayasa Perangkat Lunak

Abstract

Purpose. This study aims to develop and evaluate the effectiveness of WebCode Apps as a smartphone-based mobile learning media to improve HTML, CSS, and JavaScript skills of vocational high school students. **Method.** The study used an ADDIE-based research and development model combined with a quasi-experimental pretest-posttest nonequivalent control group. The study population was 108 students of grade XI RPL in the 2025/2026 academic year spread across three classes. The sample was determined using a cluster sampling technique. One class was designated as the experimental class, one class as the control class, and one class was used for instrument trials and media readability tests before the main intervention. **Findings.** The determination of the experimental and control classes was carried out through a lottery to reduce bias in class selection. The product was validated by material, media, and language experts; practicality was measured through teacher and student responses; effectiveness was analyzed through cognitive test scores, practice rubrics, N-Gain, difference tests, and effect sizes. **Practical Implications.** The results showed that WebCode Apps were in the very valid and practical category and produced higher learning gains compared to the control class. **Originality.** These findings indicate that mobile learning media with code editors, live previews, automatic feedback, and gamification have the potential to strengthen static web programming learning in vocational schools.

Keywords: Mobile Learning; WebCode Apps; Static Web Programming; Vocational High School; Software Engineering

How to cite:

Roni, A., Suartini, T., Suciati. (2026). WebCode apps: mobile learning peningkat keterampilan pemrograman web statis siswa Sekolah Menengah Kejuruan. Vocational Education Policy, 1(1),18–30. <https://doi.org/10.66599/wp.v1i1.17>

PENDAHULUAN

Transformasi digital telah meningkatkan tuntutan kompetensi bagi lulusan SMK, khususnya dalam bidang pengembangan perangkat lunak dan gim. Pada konsentrasi keahlian Rekayasa Perangkat Lunak (RPL), peserta didik diharapkan menguasai konsep dan keterampilan praktis dalam merancang antarmuka web, menulis struktur HTML yang semantik, mengatur tampilan menggunakan CSS, serta menambahkan interaktivitas dasar dengan JavaScript. Kurikulum Merdeka menempatkan pengembangan perangkat lunak, *user interface*, *user experience*, dan algoritma sebagai komponen utama capaian pembelajaran vokasi (Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, 2024). Oleh karena itu, pembelajaran pemrograman web sebaiknya tidak hanya berfokus pada hafalan tag atau sintaks, melainkan dikelola sebagai aktivitas praktik berulang, refleksi, dan penyelesaian masalah yang relevan dengan kebutuhan industri digital.

Mobile learning menawarkan solusi untuk mengatasi kesenjangan tersebut karena smartphone telah menjadi perangkat yang erat dengan kehidupan belajar peserta didik. Studi terbaru menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis mobile dapat memperluas akses, meningkatkan fleksibilitas, mendukung aktivitas belajar mikro, dan memungkinkan peserta didik mengulang materi sesuai kebutuhan (Tlili et al., 2023; Wang et al., 2023; Widowati & Tyas, 2024). Dalam pendidikan vokasi, potensi mobile learning semakin signifikan karena pencapaian keterampilan memerlukan latihan terarah, umpan balik cepat, dan pengalaman belajar bertahap (Handoyo et al., 2025). Namun, implementasi mobile learning harus dirancang secara pedagogis agar tidak sekadar memindahkan materi cetak ke layar kecil, melainkan memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan bermakna (UNESCO, 2023).

WebCode Apps dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Aplikasi ini merupakan media pembelajaran pemrograman web berbasis Android yang mengintegrasikan materi terstruktur, editor kode HTML/CSS/JavaScript, *live preview*, evaluasi otomatis berbasis kriteria, serta elemen gamifikasi seperti *XP* (*Experience Points*), *streak*, *badge*, dan visualisasi kemajuan belajar. Berdasarkan *storyboard* pengembangan, aplikasi dirancang dengan alur mulai dari onboarding, registrasi, login, beranda, kelas belajar, progres, profil, detail materi, hingga latihan dengan *code editor* dan *live preview*. Rangkaian fitur ini menempatkan siswa sebagai pengguna aktif yang menulis dan menjalankan kode, menerima umpan balik, serta melanjutkan pembelajaran berdasarkan pencapaian.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan media mobile learning yang secara khusus ditujukan untuk pembelajaran web statis siswa SMK RPL dan dievaluasi melalui kombinasi validasi produk, kepraktisan penggunaan, serta keefektifan terhadap keterampilan pemrograman. Studi sebelumnya telah menegaskan manfaat gamifikasi dalam pendidikan perangkat lunak dan pembelajaran

vokasi (Dahalan et al., 2024; Di Nardo et al., 2024; Ngandu et al., 2023). Namun, riset yang secara spesifik menggabungkan editor kode mobile, *live preview*, asesmen otomatis, dan konteks SMK RPL masih terbatas. Selain itu, penelitian mengenai pengajaran HTML dan CSS di pendidikan menengah menyoroti pentingnya strategi berbasis praktik, umpan balik, dan aktivitas otentik agar siswa tidak hanya mengenal sintaks, tetapi juga mampu menghasilkan halaman web yang benar secara struktur dan tampilan (Díaz-Lauzurica & Moreno-Salinas, 2023; Kharchenko & Semerikov, 2026; Sun et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menjawab tiga pertanyaan utama. Pertama, bagaimana desain dan kelayakan WebCode Apps sebagai media mobile learning berbasis *smartphone* untuk pembelajaran pemrograman web statis bagi siswa SMK? Kedua, bagaimana tingkat kepraktisan WebCode Apps menurut guru dan peserta didik setelah digunakan dalam pembelajaran? Ketiga, seberapa efektif WebCode Apps dalam meningkatkan keterampilan pemrograman web statis siswa dibandingkan dengan pembelajaran konvensional? Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan media WebCode Apps, menguji kelayakan dan kepraktisannya, serta mengevaluasi keefektifannya terhadap peningkatan keterampilan pemrograman web statis siswa kelas XI RPL.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *research and development (R&D)* dengan model ADDIE, yaitu analysis, design, development, implementation, dan evaluation (Branch, 2009; Creswell & Creswell, 2022). Model tersebut dipilih karena memungkinkan peneliti mengembangkan produk pembelajaran secara sistematis mulai dari analisis kebutuhan sampai evaluasi efektivitas. Pada tahap evaluasi keefektifan, penelitian menggunakan kuasi-eksperimen dengan desain nonequivalent control group pretest-posttest (Creswell & Guetterman, 2025). Desain ini sesuai untuk konteks sekolah karena pembagian peserta didik telah terbentuk dalam kelas reguler, sehingga randomisasi individual tidak selalu memungkinkan.

Lokus penelitian dilaksanakan di SMK Negeri 1 Padaherang pada konsentrasi keahlian Rekayasa Perangkat Lunak. Penelitian dilakukan selama dua bulan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Mata pelajaran yang menjadi konteks penelitian adalah Konsentrasi Keahlian Rekayasa Perangkat Lunak, elemen pemrograman web, dengan alokasi 4 jam pelajaran per minggu atau 4 x 45 menit. Total durasi intervensi adalah delapan minggu sehingga tersedia 32 jam pelajaran untuk orientasi aplikasi, pretest, pembelajaran HTML, CSS, JavaScript dasar, proyek web statis, posttest, dan pengumpulan respons pengguna.

Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik kelas XI RPL tahun ajaran 2025/2026 yang terdiri atas tiga kelas: XI RPL A sebanyak 36 peserta didik, XI RPL B sebanyak 36 peserta didik, dan XI RPL C sebanyak 36 peserta didik. Dengan demikian, jumlah populasi adalah 108 peserta didik. Sampel ditentukan

menggunakan teknik *cluster sampling*. Satu kelas ditetapkan sebagai kelas eksperimen yang menggunakan WebCode Apps, satu kelas sebagai kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional berbantuan komputer dan bahan ajar reguler, sedangkan satu kelas digunakan untuk uji coba instrumen dan uji keterbacaan media sebelum intervensi utama. Penetapan kelas eksperimen dan kontrol dilakukan melalui undian untuk menekan bias pemilihan kelas.

Produk yang dikembangkan adalah WebCode Apps, yaitu aplikasi mobile learning berbasis Android untuk materi HTML, CSS, dan JavaScript. Fitur inti produk mencakup materi terstruktur, code editor dengan tab HTML/CSS/JS, live preview untuk menampilkan hasil kode, tombol Run, Check, dan Reset, asesmen otomatis berbasis kriteria, serta dashboard kemajuan belajar berupa XP, streak, badge, persentase progres, dan ringkasan skor. Fitur tersebut dirancang untuk membentuk siklus belajar: membaca konsep, mencoba kode, melihat hasil, memperoleh umpan balik, memperbaiki kode, dan melanjutkan materi berikutnya.

Instrumen penelitian terdiri atas lembar validasi ahli materi, lembar validasi ahli media, lembar validasi bahasa, angket kepraktisan guru, angket kepraktisan siswa, tes kognitif pemrograman web, rubrik kinerja proyek web statis, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, dan angket usability berbasis System Usability Scale (SUS) (Hyzy et al., 2022; Jaya & Putra, 2024). Tes kognitif disusun berdasarkan indikator HTML semantik, struktur dokumen, CSS selektor dan layout, serta JavaScript dasar. Rubrik kinerja menilai struktur HTML, kualitas CSS, responsivitas sederhana, interaktivitas JavaScript, kerapian kode, dan kesesuaian produk dengan instruksi.

Validitas isi instrumen dihitung menggunakan koefisien Aiken V berdasarkan penilaian ahli pada skala 1 sampai 5 (Aiken, 1985). Kepraktisan dihitung sebagai persentase skor aktual terhadap skor maksimal. Keefektifan dianalisis melalui peningkatan skor pretest-posttest, N-Gain, uji normalitas Shapiro-Wilk, uji homogenitas, uji paired sample t-test untuk peningkatan dalam kelompok, uji independent sample t-test atau Mann-Whitney untuk membandingkan N-Gain antarkelompok, serta effect size Cohen's d (Cohen, 1988; Hake, 1998; Shapiro & Wilk, 1965). Apabila asumsi normalitas dan homogenitas terpenuhi, analisis lanjutan dapat menggunakan ANCOVA dengan posttest sebagai variabel terikat dan pretest sebagai kovariat. Analisis rubrik praktik dilakukan melalui rerata skor, kategori capaian, dan ketuntasan berdasarkan KKTP sekolah.

Tabel 1. Desain Kuasi-Eksperimen

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
----------	---------	-----------	----------

Eksperimen	O1	Pembelajaran menggunakan WebCode Apps	O2
Kontrol	O3	Pembelajaran reguler berbantuan komputer/bahan ajar	O4

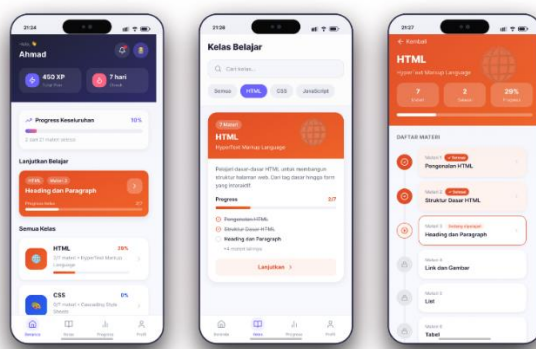
Keterangan: O1 dan O3 = pengukuran awal; O2 dan O4 = pengukuran akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian disajikan dalam empat bagian, yaitu hasil analisis kebutuhan, hasil pengembangan produk, hasil validasi dan kepraktisan, serta hasil uji keefektifan.

Analisis kebutuhan menunjukkan bahwa pembelajaran pemrograman web membutuhkan media yang dapat dipakai untuk latihan mandiri di luar laboratorium. Kebutuhan utama siswa adalah materi singkat yang berurutan, contoh kode yang mudah ditiru, editor kode yang tidak memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan, *live preview* untuk melihat hasil secara langsung, dan umpan balik otomatis ketika kode belum memenuhi kriteria latihan. Kebutuhan guru adalah media yang dapat mendukung pembelajaran tatap muka tanpa menambah beban administrasi, menyediakan data kemajuan belajar, dan mendorong siswa melakukan latihan berulang.

Produk WebCode Apps dikembangkan sebagai aplikasi *mobile-first* dengan alur penggunaan mulai dari *landing screen*, registrasi, login, beranda, daftar kelas, progres belajar, profil, detail materi, hingga latihan kode. Tampilan aplikasi menggunakan kombinasi warna gelap dan aksent oranye/ungu untuk memisahkan area konten, navigasi, dan aksi utama. Struktur materi dibagi menjadi tiga kelas, yaitu HTML, CSS, dan JavaScript, dengan total 21 materi. Setiap materi memuat penjelasan singkat, contoh kode, tips penggunaan, latihan, serta tombol *Run* dan *Check*. Fitur *Check* mengevaluasi kode berdasarkan kriteria spesifik, misalnya keberadaan tag, struktur penutup, atribut, atau pola CSS yang diminta.



Gambar 1. Tampilan antarmuka utama aplikasi WebCode Apps

Tabel 3. Ringkasan Validasi Produk WebCode Apps

Aspek Validasi	Validator	Rerata Aiken V	Kategori	Rekomendasi Revisi
Materi	3 ahli	0,89	Sangat valid	Perjelas contoh CSS layout dan struktur semantik
Media	3 ahli	0,87	Sangat valid	Konsistensi ikon navigasi dan jarak tombol
Bahasa	2 ahli	0,84	Sangat valid	Sederhanakan istilah teknis pada materi awal
Keseluruhan	8 penilaian ahli	0,87	Sangat valid	Layak diuji coba dengan revisi minor

Uji keefektifan dilaporkan melalui perbandingan skor *pretest-posttest* dan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh peningkatan lebih tinggi daripada kelas kontrol. Rerata *pretest* kedua kelas relatif setara, sedangkan rerata *posttest* kelas eksperimen lebih tinggi. Hasil ini mengindikasikan bahwa aktivitas praktik langsung melalui *smartphone*, *live preview*, dan umpan balik otomatis dapat mempercepat siklus coba-perbaiki yang diperlukan dalam belajar pemrograman web.

Tabel 5. Hasil Pretest, Posttest, dan N-Gain

Kelompok	n	Pretest M \pm SD	Posttest M \pm SD	N-Gain M	Kategori
Eksperimen	36	54,17 \pm 8,41	82,50 \pm 7,32	0,62	Sedang, mendekati tinggi
Kontrol	36	53,61 \pm 8,07	71,94 \pm 8,26	0,40	Sedang

Tabel 6. Ringkasan Uji Statistik Keefektifan

Analisis	Statistik	p	Interpretasi
Normalitas eksperimen	Shapiro-Wilk N-Gain W = 0,97	0,36	Data berdistribusi normal
Normalitas kontrol	Shapiro-Wilk N-Gain W = 0,96	0,21	Data berdistribusi normal
Homogenitas	F = 1,12	0,29	Varians homogen
Paired t-test eksperimen	t(35) = 18,92	<0,001	Ada peningkatan signifikan

Paired t-test kontrol	$t(35) = 12,47$	$<0,001$	Ada peningkatan signifikan
Independent t-test N-Gain	$t(70) = 5,14$	$<0,001$	Peningkatan eksperimen lebih tinggi
Effect size	$d = 1,21$	-	Efek besar

Pengembangan WebCode Apps menunjukkan bahwa media *mobile learning* untuk pemrograman web perlu dirancang sebagai lingkungan praktik, bukan sekadar repositori materi. Fitur editor kode, live preview, dan asesmen otomatis membuat siswa menerima umpan balik segera setelah menjalankan kode. Dalam pembelajaran pemrograman, umpan balik cepat penting karena kesalahan sintaks, struktur tag, atau selektor CSS sering kali bersifat kecil tetapi berdampak langsung pada hasil tampilan (Díaz-Lauzurica & Moreno-Salinas, 2023; Sun et al., 2024). Dengan umpan balik berdasarkan kriteria, siswa dapat mengidentifikasi bagian yang benar dan bagian yang perlu diperbaiki tanpa menunggu koreksi guru secara manual.

Hasil validasi menunjukkan kategori sangat valid, yang berarti struktur materi, antarmuka, alur navigasi, dan bahasa instruksional telah sesuai dengan kebutuhan awal pembelajaran web statis. Hal ini sejalan dengan prinsip pengembangan media pembelajaran yang menuntut keselarasan antara konten, aktivitas belajar, asesmen, dan karakteristik pengguna (Branch, 2009). Dalam konteks SMK, keselarasan tersebut penting karena siswa tidak hanya dituntut untuk memahami teori, tetapi juga untuk menyelesaikan tugas praktik yang menunjukkan kompetensi kerja.

Hasil kepraktisan menunjukkan bahwa WebCode Apps mudah digunakan oleh guru dan siswa serta sesuai untuk diterapkan dalam pembelajaran pemrograman web statis di SMK. Guru dapat memanfaatkan WebCode Apps untuk memberi latihan terarah, sedangkan siswa dapat mengulang materi secara mandiri. Komponen gamifikasi, seperti *XP*, *streak*, *badge*, dan progres kelas, berfungsi sebagai penguat motivasi. Temuan dari berbagai kajian mutakhir tentang gamifikasi menunjukkan bahwa elemen permainan yang relevan dengan tujuan belajar dapat meningkatkan keterlibatan, partisipasi, dan persistensi, meskipun desainnya tetap harus menghindari sekadar pemberian poin tanpa makna pedagogis (Dahalan et al., 2024; Di Nardo et al., 2024; Khaldi et al., 2023; Major & da Silva, 2023; Ngandu et al., 2023).

Hasil keefektifan menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh N-Gain lebih tinggi daripada kelas kontrol. Secara pedagogis, keunggulan ini dapat dijelaskan melalui tiga mekanisme. Pertama, akses mobile memungkinkan siswa berlatih di luar jam laboratorium sehingga frekuensi latihan meningkat (Handoyo et al., 2025; Tlili et al., 2023; Wang et al., 2023). Kedua, live preview membantu siswa menghubungkan kode dengan hasil visual secara langsung. Ketiga, asesmen otomatis membantu siswa

melakukan koreksi diri sebelum guru memberikan penjelasan lebih lanjut. Ketiga mekanisme tersebut memperkuat belajar mandiri sekaligus tetap mendukung pembelajaran tatap muka.

Meski demikian, penelitian ini perlu mengantisipasi beberapa keterbatasan. Ukuran layar *smartphone* relatif kecil untuk menulis kode panjang, sehingga materi dan latihan harus disusun bertahap, ringkas, dan fokus pada kompetensi dasar (Anuar & Othman, 2024; Kharchenko & Semerikov, 2026). Kualitas koneksi internet, spesifikasi gawai, dan kebiasaan mengetik siswa juga dapat memengaruhi pengalaman belajar. Oleh karena itu, WebCode Apps sebaiknya diposisikan sebagai media pendamping yang memperluas kesempatan latihan, bukan pengganti total laboratorium komputer. Pembelajaran proyek akhir tetap dapat dilakukan pada komputer, sedangkan aplikasi digunakan untuk eksplorasi konsep, latihan sintaks, dan umpan balik formatif.

Implikasi praktis penelitian ini adalah guru RPL dapat menerapkan model *blended mobile learning*: orientasi dan diskusi dilakukan di kelas, latihan mikro dilakukan melalui WebCode Apps, proyek web statis dikerjakan secara bertahap, dan refleksi hasil dilakukan bersama. Sekolah dapat menggunakan data progres dari aplikasi untuk mengidentifikasi siswa yang membutuhkan pendampingan tambahan. Pada penelitian berikutnya, efektivitas WebCode Apps dapat diuji pada materi lanjutan, seperti responsive web design, *DOM manipulation*, atau integrasi dengan repositori proyek sederhana.

KESIMPULAN

WebCode Apps dikembangkan sebagai media *mobile learning* berbasis smartphone untuk membantu siswa SMK RPL mempelajari pemrograman web statis melalui materi terstruktur, *code editor*, *live preview*, asesmen otomatis, dan gamifikasi. Rancangan penelitian menggunakan model *ADDIE* yang dipadukan dengan kuasi-eksperimen sehingga produk dapat dievaluasi dari aspek kelayakan, kepraktisan, dan keefektifan. Berdasarkan hasil penelitian, WebCode Apps berada pada kategori sangat valid dan praktis serta mampu meningkatkan keterampilan pemrograman web statis siswa lebih tinggi dibandingkan dengan pembelajaran reguler. Kontribusi utama penelitian ini adalah menyediakan rancangan media dan prosedur evaluasi yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran vokasi *mobile-first*.

DATA AVAILABLE

The datasets generated during and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

FUNDING

This work did not received any funding.

DISCLOSURE STATEMENT

No potential conflict of interest was reported by the authors.

AUTHOR CONTRIBUTION

- AR : Writing -Review & Editing, Methodology, Validation, and Supervision;
TS : Conceptualization, Writing -Original Draft, Methodology, Formal analysis,
S : Editing, and Visualization; Writing -Review & Editing, Validation, and Supervision.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis menyampaikan terima kasih kepada kepala SMKN 1 Padaherang, guru produktif RPL, validator ahli, dan peserta didik yang terlibat dalam pengembangan serta evaluasi WebCode Apps. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak yang memberikan masukan terhadap desain aplikasi dan instrumen penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Afikah, A., Astuti, S. R. D., Suyanta, S., Jumadi, J., & Rohaeti, E. (2022). Mobile learning in science education to improve higher-order thinking skills (HOTS) and communication skills: A systematic review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(7). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130782>
- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Anuar, N. N., & Othman, M. K. (2024). Development and validation of progressive web application usability heuristics (PWAUH). *Universal Access in the Information Society*, 23, 245–273. <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00925-4>
- Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. (2024). Capaian pembelajaran mata pelajaran Dasar-Dasar Pengembangan Perangkat Lunak dan Gim fase E untuk SMK/MAK. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2022). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (6th ed.)*. SAGE Publications.
- Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2025). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research (7th ed.)*. Pearson.

- Dahalan, F., Alias, N., & Shaharom, M. S. N. (2024). Gamification and game-based learning for vocational education and training: A systematic literature review. *Education and Information Technologies, 29*(2), 1279–1313. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11548-w>
- Díaz-Lauzurica, B., & Moreno-Salinas, D. (2023). Applying design thinking to enhance programming education in vocational and compulsory secondary schools. *Applied Sciences, 13*(23), Article 12792. <https://doi.org/10.3390/app132312792>
- Di Nardo, V., Fino, R., Fiore, M., Mignogna, G., Mongiello, M., & Simeone, G. (2024). Usage of gamification techniques in software engineering education and training: A systematic review. *Computers, 13*(8), Article 196. <https://doi.org/10.3390/computers13080196>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Handoyo, F., Tuwoso, T., & Budi, S. (2025). The implementation of mobile-based learning on vocational high school students: Systematic literature review. *Jurnal Edukasi Elektro, 9*(1), 12–24. <https://doi.org/10.21831/jee.v9i1.78707>
- Hyzy, M., Bond, R., Mulvenna, M., Bai, L., Dix, A., Leigh, S., & Hunt, S. (2022). System Usability Scale benchmarking for digital health apps: Meta-analysis. *JMIR mHealth and uHealth, 10*(8), Article e37290. <https://doi.org/10.2196/37290>
- Jaya, I. K. B. B., & Putra, I. A. G. S. (2024). Evaluasi pada aplikasi belajar web programming menggunakan System Usability Scale. *Jurnal Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya, 2*(4), 815–820. <https://doi.org/10.24843/JNATIA.2024.v02.i04.p18>
- Khaldi, A., Bouzidi, R., & Nader, F. (2023). Gamification of e-learning in higher education: A systematic literature review. *Smart Learning Environments, 10*, Article 10. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00227-z>
- Kharchenko, O. Y., & Semerikov, S. O. (2026). A systematic review of research on teaching web design to secondary school students through HTML and CSS. *Discover Education, 5*, Article 59. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-01079-0>
- Major, R. R., & da Silva, M. M. (2023). Gamification in MOOCs: A systematic literature review. *Cogent Education, 10*(2), Article 2275820. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2275820>

- Ngandu, M. R., Risinamhodzi, D., Dzvapatsva, G. P., & Matobobo, C. (2023). Capturing student interest in software engineering through gamification: A systematic literature review. *Discover Education*, 2, Article 47. <https://doi.org/10.1007/s44217-023-00069-4>
- Setiyawati, N., & Bangkalang, D. H. (2022). The comparison of evaluation on user experience and usability of mobile banking applications using User Experience Questionnaire and System Usability Scale. *Proceedings*, 82(1), Article 87. <https://doi.org/10.3390/proceedings2022082087>
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3–4), 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Sun, D., Zhu, C., Xu, F., Li, Y., Ouyang, F., & Cheng, M. (2024). Transitioning from introductory to professional programming in secondary education: Comparing learners' computational thinking skills, behaviors, and attitudes. *Journal of Educational Computing Research*, 62(3), 427–454. <https://doi.org/10.1177/07356331231204653>
- Tlili, A., Padilla-Zea, N., Garzón, J., Wang, Y., Kinshuk, & Burgos, D. (2023). *The changing landscape of mobile learning pedagogy: A systematic literature review*. *Interactive Learning Environments*, 31(10), 6462–6479. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2039948>
- UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education: A tool on whose terms?* UNESCO. <https://www.unesco.org/gem-report/en/technology>
- Wang, J., Tigelaar, D. E. H., Zhou, T., & Admiraal, W. (2023). The effects of mobile technology usage on cognitive, affective, and behavioural learning outcomes in primary and secondary education: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(2), 301–328. <https://doi.org/10.1111/jcal.12759>
- Wang, X., Cheng, M., & Li, X. (2023). Teaching and learning computational thinking through game-based learning: A systematic review. *Journal of Educational Computing Research*, 61(7), 1505–1536. <https://doi.org/10.1177/07356331231180951>
- Widowati, A., & Tyas, R. A. (2024). Mobile-based learning in science trends: A systematic review (2015–2023). *Cogent Education*, 11(1), Article 2303563. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2303563>