

PEGEMBANGAN WEB PEMBELAJARAN PEMROGRAMAN DAN APLIKASI MIKROKONTROLER UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR PESERTA DIDIK KELAS XI DI SMKN 7 SURABAYA

Syafira Rahmadani Orinsia Putri ¹, L. Endah Cahya Ningrum ², Meini Sondang Sumbawati ³, M. Syariffuddin Zuhrie ⁴

S1 Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya

syafira.22041@mhs.unesa.ac.id, endahningrum@unesa.ac.id, meinisonidang@unesa.ac.id, zuhrie@unesa.ac.id

Abstract

This study aimed to develop a web-based learning platform for the Microcontroller Programming and Applications element in Grade XI at SMKN 7 Surabaya and to determine its validity, practicality, and effectiveness in improving students' learning outcomes. The research employed the Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, which consists of the Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate stages. The research subjects were 35 students of the Audio Video Engineering program at SMKN 7 Surabaya. Data were collected through expert validation questionnaires, student response questionnaires, observation sheets, psychomotor assessment sheets, and learning achievement tests in the form of pretests and posttests. Data analysis techniques included descriptive percentage analysis, the Shapiro–Wilk normality test, the Wilcoxon Signed Rank Test, and N-Gain analysis. The results showed that the developed web-based learning platform achieved a validity score of 98% from media experts and 98% from subject matter experts, both categorized as highly valid. The practicality test based on students' responses obtained a score of 88%, indicating a highly practical category. The Wilcoxon Signed Rank Test yielded a significance value of 0.001 (< 0.05), indicating a significant improvement in students' cognitive learning outcomes after using the web-based learning platform. The average N-Gain score was 0.3375, which falls into the moderate improvement category. Furthermore, the average psychomotor and affective learning outcomes were 84.11 and 84.91, respectively, both categorized as good. Therefore, the developed web-based learning platform is considered highly valid, highly practical, and effective for improving students' learning outcomes in Microcontroller Programming and Applications.

Article History

Submitted: 18 Juni 2026

Accepted: 25 Juni 2026

Published: 27 Juli 2026

Key Words

web-based learning, microcontroller programming and applications, learning outcomes, ADDIE, learning media

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan web pembelajaran pada elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler kelas XI SMKN 7 Surabaya serta mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitasnya dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate. Subjek penelitian terdiri atas 35 peserta didik kelas XI Teknik Audio Video SMKN 7 Surabaya. Teknik pengumpulan data menggunakan angket validasi ahli, angket respons peserta didik, lembar observasi, lembar penilaian psikomotorik, serta tes hasil belajar berupa pretest dan posttest. Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif persentase, uji normalitas Shapiro-Wilk, uji Wilcoxon Signed Rank Test, dan perhitungan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa web pembelajaran

Sejarah Artikel

Submitted: 18 Juni 2026

Accepted: 25 Juni 2026

Published: 27 Juli 2026

Kata Kunci

web pembelajaran, pemrograman dan aplikasi mikrokontroler, hasil

memperoleh tingkat validitas sebesar 98% dari ahli media dan 98% dari ahli materi dengan kategori sangat layak. Tingkat kepraktisan berdasarkan respons peserta didik memperoleh persentase sebesar 88% dengan kategori sangat praktis. Hasil uji Wilcoxon Signed Rank Test menunjukkan nilai signifikansi 0,001 ($< 0,05$) yang menandakan adanya peningkatan hasil belajar ranah kognitif setelah penggunaan web pembelajaran. Perhitungan N-Gain memperoleh nilai rata-rata 0,3375 dengan kategori sedang. Selain itu, rata-rata hasil belajar ranah psikomotorik dan afektif masing-masing sebesar 84,11 dan 84,91 dengan kategori baik. Dengan demikian, web pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan sangat layak, sangat praktis, dan efektif digunakan dalam pembelajaran Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler.

belajar, ADDIE, media pembelajaran

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong transformasi dalam dunia pendidikan, termasuk pada pendidikan vokasional di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Implementasi Kurikulum Merdeka menuntut pembelajaran yang berpusat pada peserta didik serta memanfaatkan teknologi digital untuk mendukung proses pembelajaran yang lebih fleksibel, interaktif, dan kontekstual. Pada pendidikan kejuruan, penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi menjadi penting karena peserta didik tidak hanya dituntut menguasai aspek pengetahuan, tetapi juga keterampilan dan sikap kerja yang sesuai dengan kebutuhan industri. Salah satu elemen pembelajaran yang memerlukan dukungan media digital adalah Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler. Materi pada elemen ini menuntut peserta didik memahami konsep rangkaian digital, arsitektur mikrokontroler, pemrograman, serta implementasi sistem pengendali berbasis mikrokontroler yang bersifat abstrak dan membutuhkan visualisasi serta praktik secara langsung.

Berdasarkan hasil observasi di SMKN 7 Surabaya, pembelajaran pada elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler masih didominasi metode ceramah dan penggunaan media sederhana. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara konsep teoritis dan implementasi praktis mikrokontroler. Selain itu, belum tersedia media pembelajaran berbasis web yang dirancang sesuai dengan karakteristik peserta didik dan capaian pembelajaran yang berlaku. Akibatnya, hasil belajar peserta didik, khususnya pada materi yang membutuhkan visualisasi dan praktik, belum optimal.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis web memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Penggunaan web pembelajaran terbukti mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran dan hasil belajar peserta didik (Dio & Ekohariadi, 2021). Web pembelajaran yang dilengkapi simulasi interaktif dapat membantu peserta didik memahami konsep-konsep elektronika yang bersifat abstrak (Muchlas, 2020). Media digital interaktif juga diketahui dapat meningkatkan motivasi belajar siswa SMK (Wahyudi dkk., 2023). Pengintegrasian video tutorial dalam web pembelajaran mampu meningkatkan kemandirian belajar peserta didik (Ningtyas dkk., 2024). Selain itu, penerapan pembelajaran kolaboratif berbasis web dapat meningkatkan partisipasi dan kemampuan komunikasi peserta didik dalam

menyelesaikan permasalahan teknis (Mulyati dkk., 2024). Integrasi teknologi berbasis web juga mendukung pembelajaran teknik yang lebih aplikatif dan relevan dengan kebutuhan industri (Hadinegoro dkk., 2024).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada pengembangan media pembelajaran berbasis web pada mata pelajaran umum maupun keterampilan dasar, sedangkan penelitian yang secara khusus mengembangkan web pembelajaran untuk elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler masih terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian hanya menitikberatkan pada aspek kelayakan media dan belum banyak mengkaji efektivitas media terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik secara komprehensif. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media pembelajaran berbasis web yang tidak hanya layak digunakan, tetapi juga praktis dan efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik.

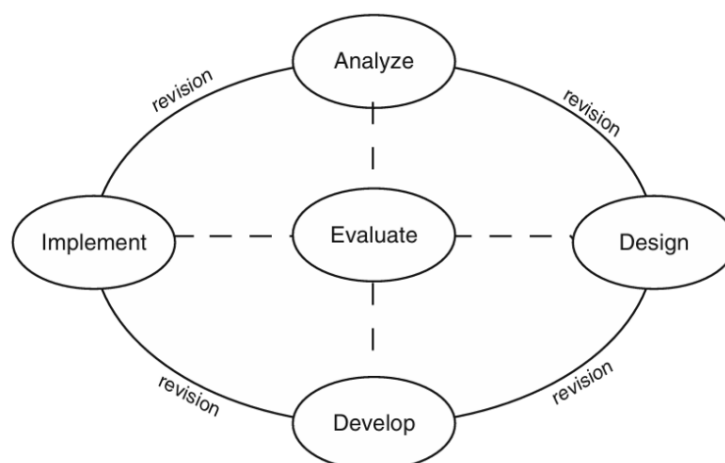
Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pengembangan web pembelajaran yang dirancang khusus untuk elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler pada jenjang SMK dengan mengintegrasikan modul ajar bagi pendidik, materi pembelajaran, video pembelajaran, latihan soal, serta LKPD yang berbasis SDGs 7 dalam satu platform berbasis web. Produk yang dikembangkan disesuaikan dengan karakteristik peserta didik SMKN 7 Surabaya dan capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka, sehingga dapat mendukung pembelajaran yang lebih interaktif, mandiri, dan kontekstual.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan penelitian ini adalah bagaimana validitas, kepraktisan, dan efektivitas web pembelajaran yang dikembangkan pada elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan web pembelajaran pada elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler kelas XI SMKN 7 Surabaya serta menganalisis tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas web pembelajaran yang dikembangkan dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik.

Metode Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang terdiri atas tahap *Analyze*, *Design*, *Develop*, *Implement*, dan *Evaluate*. Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis dalam mengembangkan dan mengevaluasi produk pembelajaran sehingga sesuai digunakan untuk pengembangan web pembelajaran pada elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler.



Gambar 1. Model ADDIE
Sumber: Branch, R. M. (2009)

Pengembangan web pembelajaran dilakukan melalui lima tahapan model ADDIE. Tahap *Analyze* dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran dan karakteristik peserta didik. Tahap *Design* meliputi perancangan struktur web, materi, LKPD, video pembelajaran, dan evaluasi. Tahap *Develop* dilakukan dengan mengembangkan produk dan melakukan validasi oleh ahli media dan ahli materi. Tahap *Implement* dilakukan melalui uji coba penggunaan web pembelajaran pada peserta didik. Tahap *Evaluate* dilakukan untuk mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas produk yang dikembangkan.

Tempat dan Subjek Penelitian

Penelitian dilaksanakan di SMKN 7 Surabaya pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Subjek penelitian terdiri atas 35 peserta didik kelas XI Teknik Audio Video.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar validasi ahli media, lembar validasi ahli materi, angket respons peserta didik, lembar observasi afektif, lembar penilaian psikomotorik, serta soal pretest dan posttest.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas web pembelajaran yang dikembangkan. Data validitas yang diperoleh dari ahli media dan ahli materi serta data kepraktisan yang diperoleh dari angket respons peserta didik dianalisis menggunakan analisis deskriptif persentase dengan bantuan Microsoft Excel. Persentase dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah skor total}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

(Sumber: Prakoso & Rochmawati, 2020)

Tabel 1. Kriteria Persentase Kelayakan

Persentase (%)	Kriteria Kelayakan
81-100	Sangat Layak
61-80	Layak
41-60	Cukup Layak
21-40	Kurang Layak
0-20	Tidak Layak

Efektivitas web pembelajaran ditinjau berdasarkan hasil belajar peserta didik melalui nilai pretest dan posttest. Data terlebih dahulu diuji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk. Apabila data berdistribusi normal, analisis dilanjutkan menggunakan uji parametrik *Paired Sample t-Test*. Sebaliknya, apabila data tidak berdistribusi normal, analisis dilakukan menggunakan uji nonparametrik *Wilcoxon Signed Rank Test*. Seluruh analisis statistik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS.

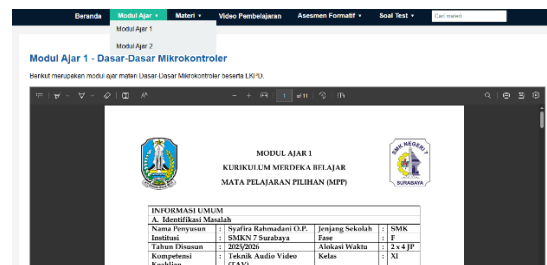
Untuk mengetahui tingkat peningkatan hasil belajar peserta didik, dilakukan analisis *Normalized Gain* (N-Gain) yang dihitung menggunakan SPSS melalui nilai pretest dan posttest. Nilai N-Gain digunakan untuk memperkuat hasil pengujian efektivitas serta menentukan kategori peningkatan hasil belajar peserta didik setelah menggunakan web pembelajaran yang dikembangkan.

Hasil dan Pembahasan

Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa web pembelajaran pada elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler untuk peserta didik kelas XI Teknik Audio Video SMKN 7 Surabaya. Web pembelajaran dikembangkan menggunakan model ADDIE dan memuat beberapa fitur utama, yaitu halaman beranda, modul ajar dan LKPD, materi pembelajaran, video pembelajaran, asesmen formatif, soal tes serta kolom pencarian. Pengembangan web bertujuan untuk memfasilitasi peserta didik dalam mempelajari materi mikrokontroler secara mandiri dan interaktif.



(a) Halaman Beranda



(b) Halaman Modul



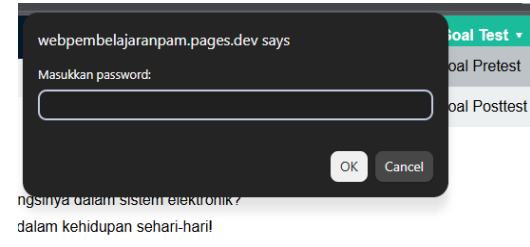
(c) Halaman Materi



(f) Halaman Asesmen Formatif



(d) Halaman Video Pembelajaran



(g) Halaman Soal Test dengan Password

Gambar 2. Tampilan Web Pembelajaran

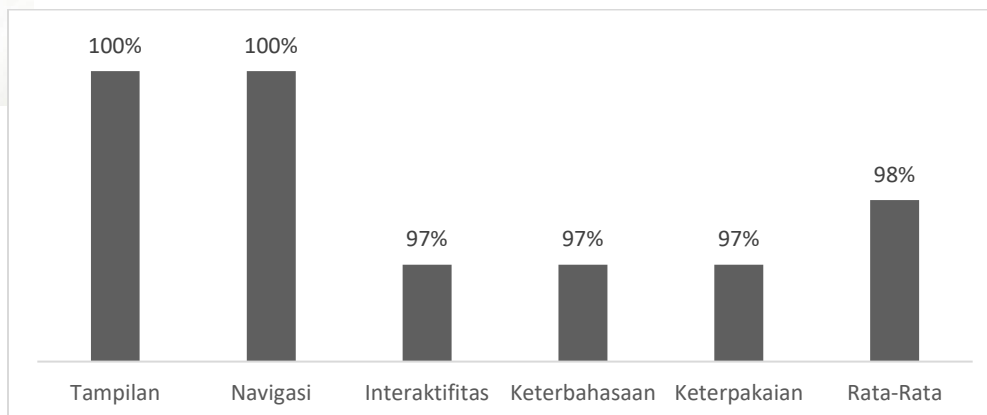
Gambar 2 menunjukkan tampilan web pembelajaran yang telah dikembangkan. Web dirancang dengan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan sehingga pendidik dapat mengakses modul ajar, serta peserta didik dapat mengakses materi pembelajaran, video, LKPD, dan evaluasi dalam satu platform. Integrasi berbagai fitur tersebut diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik selama proses pembelajaran.

Validitas web pembelajaran ditentukan berdasarkan hasil penilaian oleh tiga validator yang terdiri atas dua ahli media dan satu ahli materi. Proses validasi dilakukan untuk menilai kelayakan web pembelajaran dari aspek tampilan, navigasi, interaktivitas, kemudahan penggunaan, kesesuaian materi, serta penyajian isi pembelajaran. Hasil validasi digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat kelayakan produk sebelum diimplementasikan kepada peserta didik.

Tabel 2. Identitas Validator

No	Validator	Keahlian	Keterangan
1	Validator 1	Ahli Materi dan Media	Dosen Pendidikan Teknik Elektro UNESA
2	Validator 2	Ahli Materi dan Media	Guru SMKN 1 Sidoarjo
3	Validator 3	Ahli Materi dan Media	Guru SMKN 7 Surabaya

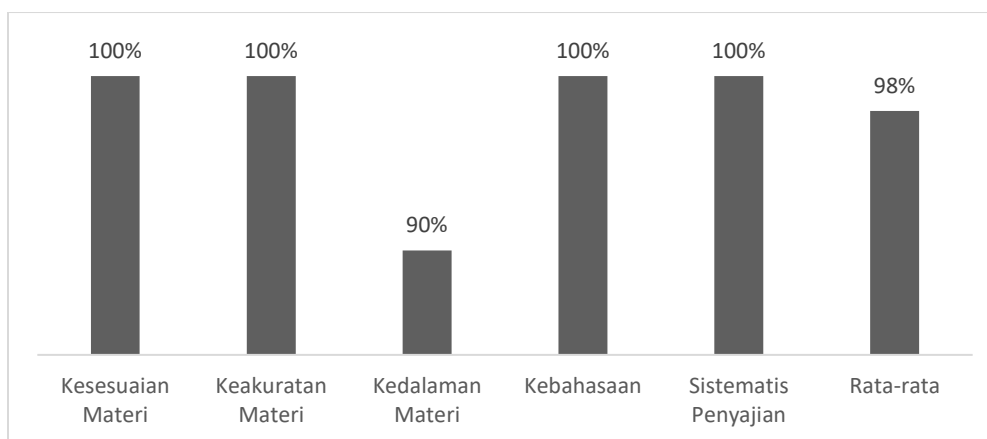
Hasil validasi oleh ahli media disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Uji Validitas Media

Berdasarkan Gambar 3, seluruh aspek penilaian media memperoleh persentase pada kategori sangat layak. Aspek tampilan, navigasi, interaktivitas, keterbahasaan dan keterpakaian memperoleh nilai yang tinggi, menunjukkan bahwa web pembelajaran memiliki desain yang menarik, mudah dioperasikan, serta mendukung proses pembelajaran secara efektif.

Hasil validasi oleh ahli materi disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Uji Validitas Materi

Berdasarkan Gambar 4, seluruh aspek penilaian materi memperoleh kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah sesuai dengan capaian pembelajaran, memiliki kebenaran konsep yang baik, serta disusun secara sistematis sehingga mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran.

Selanjutnya, rekapitulasi hasil validasi web pembelajaran disajikan pada Tabel 3.

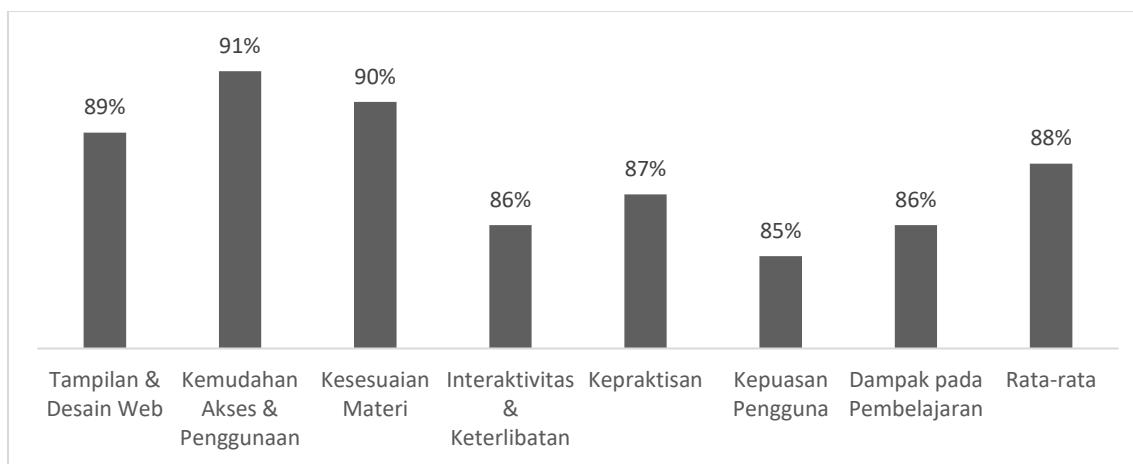
Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Validasi Web Pembelajaran

Validator	Persentase	Kategori
Ahli Media	98%	Sangat Layak
Ahli Materi	98%	Sangat Layak

Berdasarkan Tabel 3, hasil validasi ahli media memperoleh persentase sebesar 98%, sedangkan hasil validasi ahli materi memperoleh persentase sebesar 98%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa web pembelajaran berada pada kategori sangat layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Tingginya tingkat validitas menunjukkan bahwa web pembelajaran telah memenuhi aspek serta kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran. Hasil ini sejalan dengan penelitian Dio & Ekohariadi, (2021) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis web yang dirancang sesuai kebutuhan pembelajaran mampu mendukung proses belajar secara lebih efektif. Selain itu, hasil tersebut menunjukkan bahwa pengembangan media menggunakan model ADDIE mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan tujuan pembelajaran.

Kepraktisan web pembelajaran ditentukan berdasarkan respons peserta didik setelah menggunakan web pembelajaran pada proses pembelajaran Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler. Penilaian kepraktisan dilakukan untuk mengetahui kemudahan penggunaan, kemudahan akses, kesesuaian materi, serta manfaat web pembelajaran dalam membantu peserta didik memahami materi yang dipelajari.

Hasil respons peserta didik terhadap web pembelajaran disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Uji Kepraktisan

Berdasarkan Gambar 5, seluruh aspek penilaian memperoleh persentase pada kategori sangat praktis. Aspek tampilan & desain web, kemudahan akses & penggunaan, kesesuaian materi, interaktivitas & keterlibatan, kepraktisan, kepuasan pengguna, dan dampak pada pembelajaran memperoleh respons positif dari peserta didik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa web

pembelajaran dapat digunakan dengan baik serta mampu mendukung proses pembelajaran secara lebih fleksibel dan interaktif.

- ◆ Selanjutnya, rekapitulasi hasil kepraktisan web pembelajaran disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Kepraktisan Web Pembelajaran

Responden	Persentase	Kategori
Peserta didik	88%	Sangat Layak/ Sangat Praktis

Berdasarkan Tabel 4, web pembelajaran memperoleh persentase kepraktisan sebesar 88% dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik memberikan respons positif terhadap penggunaan web pembelajaran. Tingkat kepraktisan yang tinggi menunjukkan bahwa web pembelajaran mudah diakses, mudah digunakan, serta mampu membantu peserta didik dalam memahami materi pembelajaran. Selain itu, keberadaan materi, video pembelajaran, LKPD, dan evaluasi dalam satu platform memberikan kemudahan bagi peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung. Hasil ini sejalan dengan penelitian Umamah dkk., (2023) yang menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis web memperoleh kategori sangat praktis dan efektif digunakan dalam proses pembelajaran.

Efektivitas web pembelajaran ditinjau berdasarkan hasil belajar peserta didik pada ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik. Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data pretest dan posttest diuji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal sehingga analisis dilanjutkan menggunakan uji *Wilcoxon Signed Rank Test*.

Tabel 5. Hasil Uji *Wilcoxon Signed Rank Test*

Variabel	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Sig.
Negative Ranks	6	8.83	53.00		
Positive Ranks	22	16.05	353.00	-3.430	.001
Ties	7	-	-		

Berdasarkan hasil uji *Wilcoxon Signed Rank Test* diperoleh nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar $0,001 < 0,05$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest peserta didik setelah menggunakan media web pembelajaran. Pada tabel diketahui terdapat 6 peserta didik mengalami penurunan nilai (*negative ranks*), 22 peserta didik yang mengalami peningkatan nilai (*positive ranks*), dan 7 peserta didik memiliki nilai yang tetap (*ties*). Dengan demikian, penggunaan media web pembelajaran memberikan pengaruh terhadap peningkatan hasil belajar ranah kognitif peserta didik.

Selain uji Wilcoxon, peningkatan hasil belajar peserta didik juga dianalisis menggunakan perhitungan *N-Gain*. Berikut merupakan hasil *output* dari perhitungan *N-Gain*.

Tabel 6. Perhitungan *N-Gain*

Jumlah Siswa	N Valid	Mean <i>N-Gain</i>	Minimum	Maksimum	Kategori
35	28	0.3375	-3.00	1.00	Sedang

Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,3373 yang termasuk dalam kategori sedang. Namun, dari total 35 peserta didik hanya 28 data yang dapat dihitung nilai *N-Gain*-nya. Hal tersebut disebabkan terdapat 7 peserta didik yang memperoleh nilai pretest sebesar 100, yaitu nilai maksimum. Kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh faktor internal maupun eksternal peserta didik, seperti kurangnya konsentrasi saat mengerjakan posttest, ketidaktelitian dalam menjawab soal, serta tinggi rendahnya respon siswa yang berbeda terhadap penggunaan media web pembelajaran. Pada kondisi tersebut, SPSS mendeteksi perhitungan sebagai *missing value* karena pada rumus *N-Gain* terjadi pembagian dengan nol. Oleh karena itu, 7 data tersebut tidak dapat diproses dalam perhitungan *N-Gain*. Meskipun demikian, hasil rata-rata *N-Gain* menunjukkan bahwa media web pembelajaran mampu meningkatkan hasil belajar ranah kognitif peserta didik pada kategori sedang.

Selain ranah kognitif, efektivitas web pembelajaran juga ditinjau melalui hasil belajar afektif dan psikomotorik peserta didik yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Belajar Afektif dan Psikomotorik

Ranah	Rata-rata	Kategori
Afektif	84,91	Baik
Psikomotorik	84,11	Baik

Berdasarkan Tabel 6, rata-rata hasil belajar afektif sebesar 84,91 dan rata-rata hasil belajar psikomotorik sebesar 84,11. Kedua nilai tersebut termasuk dalam kategori baik. Hasil ini menunjukkan bahwa web pembelajaran tidak hanya mendukung peningkatan hasil belajar kognitif, tetapi juga mampu mendukung pembentukan sikap dan keterampilan peserta didik selama proses pembelajaran. Peningkatan hasil belajar pada ketiga ranah tersebut menunjukkan bahwa penggunaan web pembelajaran dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih aktif dan interaktif. Temuan ini sejalan dengan penelitian Khaqim dkk., (2022) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis digital dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik. Selain itu, Lestariani, (2023) menjelaskan bahwa penggunaan teknologi dalam pembelajaran berpotensi meningkatkan kualitas pembelajaran dan hasil belajar.

Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan web pembelajaran pada elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler untuk peserta didik kelas XI Teknik Audio Video SMKN 7 Surabaya yang dikembangkan menggunakan model ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa web pembelajaran yang dikembangkan memiliki tingkat validitas yang sangat tinggi dengan persentase sebesar 98% dari ahli media dan 98% dari ahli materi, sehingga dinyatakan sangat layak digunakan dalam pembelajaran. Selain itu, hasil uji kepraktisan memperoleh persentase sebesar 88% dengan kategori sangat layak/sangat praktis, yang menunjukkan bahwa web pembelajaran mudah digunakan serta membantu peserta didik dalam memahami materi dan praktik Arduino. Efektivitas web pembelajaran ditunjukkan oleh hasil uji Wilcoxon Signed Rank Test yang memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,001 ($< 0,05$) serta nilai N-Gain sebesar 0,3375 dalam kategori sedang. Selain itu, hasil belajar psikomotorik memperoleh rata-rata sebesar 84,11 dan hasil belajar afektif memperoleh rata-rata sebesar 84,91 dengan kategori baik. Dengan demikian, web pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan sangat layak, sangat praktis, dan efektif digunakan untuk mendukung pembelajaran pada elemen Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan fitur yang lebih interaktif, seperti simulasi real-time, forum diskusi, dan integrasi *Internet of Things* (IoT), serta membandingkan efektivitas web pembelajaran dengan media pembelajaran lainnya untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

Referensi

- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.
- Dio, Y.A., & Ekohariadi, E. (2021). Pengembangan media pembelajaran berbasis web dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran pemrograman web (studi kasus: SMKS Semen Gresik). *IT-Edu: Jurnal Information Technology and Education*, 6(2), 139–152. <https://doi.org/10.26740/it-edu.v6i3.46366>
- Hadinegoro, A., Herman, F.F., & Ahmad, N. (2024). Design and development of child monitoring track bag using Arduino. *VOLT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.30870/volt.v9i1.24820>
- Khaqim, E.A., & Wahyudi, A. (2022). Efektivitas metode pembelajaran daring terhadap hasil belajar kognitif materi bolavoli. *Edu Sportivo: Indonesian Journal of Physical Education*, 3(1), 1–10. [https://doi.org/10.25299/es:ijope.2022.vol3\(1\).8089](https://doi.org/10.25299/es:ijope.2022.vol3(1).8089)
- Lestariani, N. (2023). Analisis hasil belajar kognitif mahasiswa melalui peningkatan otonomi belajar dan literasi informasi digital. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 8(2), 218–238. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v8i2.4392>
- Muchlas. (2020). Enhancing e-learning effectivity through the discussion method combined with

- e-portfolio assignments for vocational education master students during a pandemic. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 10(3), 238–248. <https://doi.org/10.21831/jpv.v10i3.35793>
- Mulyati, F., Mulyono, H., & Untari, R.T. (2024). Pengembangan media pembelajaran 3 dimensi pada materi jenis-jenis kamera kelas XI animasi di SMK. *Journal of Instructional and Development Researches*, 4(5), 431–444. <https://doi.org/10.53621/jider.v4i5.375>
- Ningtyas, T.D.D.A., Budiyanto, & Wijiastuti, A. (2024). Pengembangan video tutorial berbasis web untuk pembelajaran keterampilan mencuci pakaian peserta didik tunagrahita. *EDUKASIA: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(1), 2043–2048. <https://doi.org/10.62775/edukasia.v5i1.1154>
- Prakoso, F.A., & Rochmawati. (2020). Pengembangan media evaluasi berbasis aplikasi Excel to WhatsApp. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 30(2), 61–69. <https://doi.org/10.23917/jpis.v30i2.10908>
- Umamah, C., Diraya, I., & Andi, H.J. (2023). The effectiveness and practicality of web-based learning media with Wix platform in vocational high schools. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(1), 115–126. <https://doi.org/10.26618/jpf.v11i1.9720>
- Wahyudi, S.U., Nugrahani, F., & Widayati, M. (2023). Pengembangan media pembelajaran Google Sites untuk meningkatkan motivasi siswa dalam pembelajaran bahasa Indonesia. *Al-Madrasah: Jurnal Ilmiah Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 7(3), 1064–1082. <https://doi.org/10.35931/am.v7i3.2446>