

PENGEMBANGAN TRAINING KIT SISTEM KONTROL GERAK DASAR QUADCOPTER BERBASIS ESP32 SEBAGAI PENUNJANG BAHAN PRAKTIKUM MIKROKONTROLER UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR PESERTA DIDIK

Muhammad Haris Bahtiar ¹, L. Endah Cahya Ningrum ², M. Syariffuddien Zuhrie ³, Fendi Achmad ⁴

S1 Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya

muhammadbahtiar.22036@mhs.unesa.ac.id, endahningrum@unesa.ac.id,
zuhrie@unesa.ac.id, fendiachmad@unesa.ac.id

Abstract

This study aims to develop a basic quadcopter motion control system training kit to determine the level of feasibility, practicality, and effectiveness in improving student learning outcomes. This study uses the Research and Development method with the ADDIE model which includes the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The study was conducted at SMKN 1 Jabon, Sidoarjo Regency with 33 students of class XI Industrial Electronics Engineering as subjects. The results of the study showed that the developed learning media was declared very feasible based on the validation results by material experts who assessed the relevant, representative, proportional, valid, specific aspects, with a material validation result of 98.67%. While the validation results of media experts who assessed the practical and valid aspects with a media validation result of 98.00%. In addition, the media obtained a very practical category based on student responses which showed an average value of 85.55%, this indicates that the media is easy to use and helps in understanding the learning material. From the aspect of effectiveness, the results of the study indicate that the use of the basic quadcopter motion control system training kit can improve student learning outcomes. This is indicated by the results of the N-Gain value of 0.65 in the high category, and the results of the Wilcoxon Signed Rank Test showed a significant difference between the pretest and posttest scores in the cognitive domain. Furthermore, there were positive achievements in the affective and psychomotor domains, demonstrated by positive attitudes during the learning process and good practical skills. Therefore, it can be concluded that the developed quadcopter basic motion control system training kit is feasible, practical, and effective for use as a learning medium to support improved student learning outcomes.

Article History

Submitted: 30 Juni 2026

Accepted: 1 Juli 2026

Published: 2 Juli 2026

Key Words

Training kit, Quadcopter, ESP32, Microcontroller, Learning Outcomes, Learning Media

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan training kit sistem kontrol gerak dasar quadcopter untuk mengetahui tingkat kelayakan, kepraktisan, dan efektivitasnya dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development dengan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Penelitian dilaksanakan di SMKN 1 Jabon, Kabupaten Sidoarjo dengan subjek peserta didik kelas XI Teknik Elektronika Industri sebanyak 33 orang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan sangat layak berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi yang menilai aspek relevan, representatif, proposional, valid, spesifik, dengan hasil validasi materi sebesar 98,67%. Sedangkan hasil validasi ahli media yang menilai aspek praktis dan valid dengan hasil validasi media sebesar 98,00%. Selain itu, media memperoleh kategori sangat praktis berdasarkan respons peserta didik yang menunjukkan nilai rata-rata sebesar 85,55%, hal ini menunjukkan bahwa media mudah digunakan serta membantu dalam memahami materi pembelajaran. Dari aspek efektivitas, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan training kit sistem kontrol gerak dasar quadcopter mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh hasil nilai N-Gain sebesar 0.65 dalam kategori

Sejarah Artikel

Submitted: 30 Juni 2026

Accepted: 1 Juli 2026

Published: 2 Juli 2026

Kata Kunci

Training kit, Quadcopter, ESP32, Mikrokontroler, Hasil Belajar, Media Pembelajaran.

tinggi, serta hasil uji Wilcoxon Signed Rank Test menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest pada ranah kognitif. Selain itu, adanya capaian positif pada ranah afektif dan psikomotorik, yang ditunjukkan melalui sikap positif selama pembelajaran berlangsung serta keterampilan praktik yang baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran training kit sistem kontrol gerak dasar quadcopter yang dikembangkan layak, praktis, dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran untuk mendukung peningkatan hasil belajar peserta didik.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi di era Revolusi Industri 4.0 telah membawa transformasi yang signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya pada pembelajaran berbasis praktikum. Penguasaan teknologi *embedded system*, mikrokontroler, robotika, dan sistem kendali kini menjadi salah satu kompetensi krusial yang harus dimiliki oleh peserta didik untuk membekali mereka dengan kemampuan pemecahan masalah (*problem solving*) serta berpikir kreatif. Di antara berbagai platform teknologi *embedded system*, drone menjadi salah satu perangkat yang paling menarik perhatian luas, baik di dunia industri maupun akademik, karena sifatnya yang fleksibel untuk menguji berbagai algoritma kendali dan komunikasi. Dalam konteks pendidikan vokasi seperti Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), penerapan media nyata atau alat peraga interaktif seperti *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* sangat penting demi memfasilitasi model pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning* / PjBL). Media nyata ini dibutuhkan agar peserta didik tidak hanya menghafal teori, melainkan dapat memahami prinsip konkret sistem robotika secara langsung. Namun, pada kenyataannya, ketersediaan media pembelajaran praktikum mikrokontroler di sekolah sering kali masih terbatas, kurang interaktif, dan cenderung berfokus pada aspek teoritis belaka, sehingga menyebabkan rendahnya keaktifan serta hasil belajar peserta didik.

Berbagai penelitian terdahulu mengenai sistem kontrol drone dan pemanfaatannya dalam pendidikan telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Sebagai contoh, (Putra dkk., 2025) merancang miniatur *trainer drone* edukatif yang aman dan ringan, sementara (Pramuda dkk., 2023) mengembangkan media praktikum drone menggunakan Arduino dan sensor ultrasonik untuk memahami konsep gerak lurus. Di sisi lain, riset yang berfokus pada aspek teknis kendali drone, seperti yang dilakukan oleh (Haidar dkk., 2024), menguji stabilitas *mini drone* berbasis ESP32 menggunakan algoritma PID pada sumbu *pitch* dan *roll*, meskipun masih menyisakan masalah *overshoot*. Penelitian lain oleh (Suparta & Handayani, 2022) serta (Hartono dkk., 2023) berhasil mengintegrasikan ESP32 dan pengolahan citra pada UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) untuk keperluan teknis pengumpulan data atmosfer serta misi penyelamatan (*search and rescue*). Meskipun riset-riset tersebut sukses membuktikan keberhasilan implementasi algoritma kontrol dan fungsionalitas teknis pada drone, sebagian besar hasil rancangan tersebut masih bersifat eksperimental murni untuk kebutuhan industri atau akademik tingkat tinggi. Masih sangat jarang penelitian yang mengemas sistem kontrol gerak dasar drone tersebut ke dalam bentuk *training kit* atau alat peraga terstruktur yang siap pakai, aplikatif, dan disesuaikan dengan Capaian Pembelajaran (CP) kurikulum pendidikan vokasi.

Oleh karena itu, kebaruan dari artikel ilmiah ini terletak pada pengembangan media praktikum berupa *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 berbiaya rendah (*low-budget*) dan bersifat *open-source*, yang dirancang secara khusus sebagai alat peraga edukatif terstruktur untuk menunjang capaian pembelajaran pemrograman sistem *embedded* di SMK. Berbeda dari penelitian-penelitian teknis terdahulu yang rumit dan berorientasi pada kestabilan terbang otonom penuh, produk yang dikembangkan dalam penelitian ini difokuskan pada visualisasi interaktif pergerakan motor

dan respons sensor secara aman di atas meja praktikum, sehingga memberikan nilai tambah sebagai inovasi pembelajaran yang adaptif bagi siswa sekolah menengah.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan sebuah *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* berbasis ESP32 yang memenuhi kriteria kelayakan teknis serta mampu mengatasi keterbatasan media praktikum di sekolah. Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah penggunaan media *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* berbasis ESP32 secara signifikan dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik pada mata pelajaran praktikum mikrokontroler, baik dari ranah kognitif, afektif, maupun psikomotorik.

Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* berbasis ESP32 sebagai penunjang bahan praktikum mikrokontroler, serta untuk menguji dan mengetahui tingkat kelayakan (validitas), kepraktisan, dan efektivitas media tersebut dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Metode Penelitian

Jenis 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 *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* pada elemen Pemrograman Sistem *Embedded* fase F Teknik Elektronika Industri.

Penelitian dilaksanakan di Sekolah SMKN 1 Jabon Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur, pada tahun ajaran genap 2026-2027 dengan populasi sebanyak 1 (satu) kelas dengan jumlah 33 peserta didik di kelas XI Teknik Elektronika Industri. Variabel bebas (X) dalam penelitian ini adalah *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* sebagai media pembelajaran, sedangkan variabel terikat (Y) adalah hasil belajar peserta didik yang diukur melalui *pre-test* dan *post-test* mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik.

Instrumen penelitian meliputi validasi ahli materi dan media, angket respon peserta didik, soal *pre-test* dan *post-test*, lembar observasi afektif dan psikomotorik. Analisis data dilakukan untuk mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas media *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* yang dikembangkan. Data validitas yang diperoleh dari ahli materi dan ahli media serta data kepraktisan yang diperoleh dari angket respon peserta didik dianalisis menggunakan analisis deskriptif persentase menggunakan Microsoft Excel dengan kriteria persentase kelayakan sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria Persentase Kelayakan

Presentase	Kriteria
0% - 20%	Sangat Tidak Layak
21% - 40%	Tidak Layak
41% - 60%	Cukup Layak
61% - 80%	Layak
81% - 100%	Sangat Layak

(Prakoso & Rochmawati, 2020)

Analisis data efektivitas *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* ditinjau melalui nilai beberapa ranah penting. Yang pertama ranah kognitif melalui nilai *pre-test* dan *post-test*, data tersebut diuji menggunakan *software IBM SPSS Statistics 27* dengan dilakukan uji 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. Sedangkan, data ranah afektif melalui lembar observasi, dan ranah psikomotorik melalui lembar penilaian psikomotorik dianalisis melalui analisis deskriptif yang dilakukan dengan bantuan perangkat Microsoft Excel.

♦ Untuk mengetahui tingkat peningkatan hasil belajar peserta didik, dilakukan analisis Normalized Gain (N-Gain) melalui nilai *pre-test* dan *post-test* yang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$N - Gain = \frac{\text{skor post test} - \text{skor pre tes}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pre tes}}$$

(Fajarianingtyas & Hidayat, 2023)

Nilai N-Gain digunakan untuk memperkuat hasil pengujian efektivitas serta menentukan kategori peningkatan hasil belajar peserta didik setelah menggunakan media *training* kit sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* dengan kriteria indeks N-Gain sebagai berikut.

Tabel 2. Kriteria Indeks N-Gain

N-Gain	Kategori
$g \leq 0,20$	Sangat Rendah
$0,21 \leq g \leq 0,40$	Rendah
$0,41 \leq g \leq 0,60$	Sedang
$0,61 \leq g \leq 0,80$	Tinggi
$0,81 \leq g \leq 1,00$	Sangat Tinggi

(Fajarianingtyas & Hidayat, 2023)

Hasil dan Pembahasan

Produk yang dihasilkan dari penelitian ini berupa media pembelajaran *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* yang dikembangkan untuk peserta didik kelas XI Teknik Elektronika Industri SMKN 1 Jabon. Selain *training kit*, ada beberapa produk yang dihasilkan antara lain modul ajar pemrograman sistem *embedded* dan prototipe *quadcopter* yang menjadi media yang saling berkesinambungan untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik kelas XI SMKN 1 Jabon. Produk yang dikembangkan disajikan sebagai berikut.



Gambar 1. Training Kit

Training kit mengintegrasikan berbagai komponen elektronika utama, meliputi modul *stepdown* LM2596 sebagai penurun tegangan, dua buah *joystick* untuk kendali pergerakan, modul nRF24L01 E01-ML01DP5 sebagai pemancar sinyal, LCD I2C 20x4 untuk tampilan antarmuka, dua buah *toggle switch* pengatur mode terbang, baterai 12 volt sebagai sumber daya, serta ESP32 sebagai pengendali utama sistem. Pada tahap analisis model ADDIE, ditemukan kendala teknis berupa tingginya sensitivitas dan ketidakstabilan sinyal analog ketika kedua *joystick* diakses bersamaan melalui pin ADC ESP32. Sebagai solusinya, penelitian ini menerapkan arsitektur *master-slave* dengan menambahkan mikrokontroler STM32 sebagai *slave* untuk menangani interupsi dan konversi data analog *joystick*, yang kemudian diteruskan ke ESP32 sebagai *master*. Implementasi metode ini terbukti efektif mereduksi sensitivitas berlebih dan meningkatkan stabilitas pembacaan nilai *joystick* secara signifikan.



Gambar 2. Drone Quadcopter

Drone *quadcopter* digunakan sebagai output media yang dikontrol oleh sistem pengendali pada *training kit* serta digunakan sebagai objek pengujian sensor untuk sarana pembelajaran pada peserta didik. Drone *quadcopter* dirancang dan telah disesuaikan agar dapat terbang dengan aman di lingkungan sekolah sesuai objek penggunaan oleh peserta didik SMKN 1 Jabon.

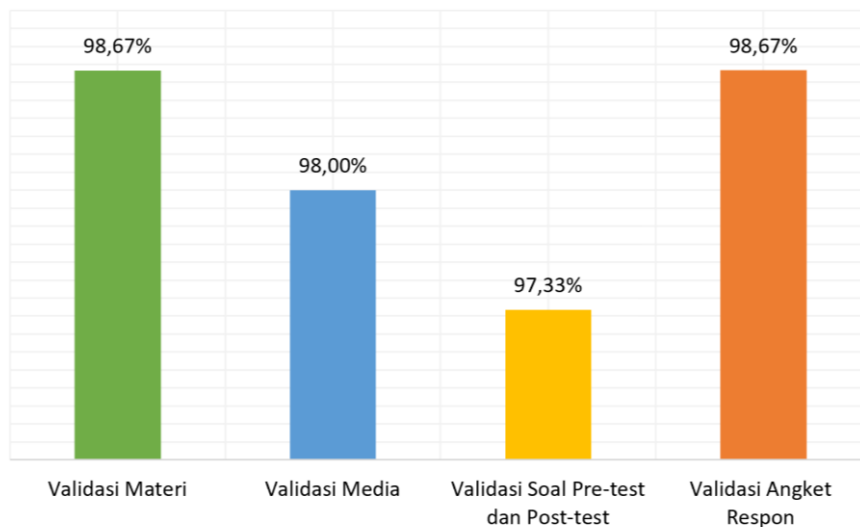
Hasil penelitian ini tidak hanya menghasilkan produk *training kit*, tetapi juga menghasilkan sebuah modul ajar pemrograman sistem *embedded* yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran pada peserta didik dalam mengoperasikan *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter*. Materi pada modul ajar disajikan secara terstruktur dalam cakupan capaian pembelajaran pada elemen pemrograman sistem *embedded* antara lain pengenalan arsitektur sistem *embedded*, perancangan sistem minimum, pengenalan bahasa pemrograman, pengoperasian software compiler, pengoperasian software simulator, pemrograman input/output digital, pemrograman input/output analog, dan pemrograman komunikasi serial. Selain itu, integrasi modul ajar ini dalam media *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* yang memungkinkan pemahaman materi dasar sebelum pengaplikasian pada media yang lebih kompleks pada peserta didik. Dengan adanya modul ini, diharapkan peserta didik dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam serta dapat meningkatkan kompetensi peserta didik dalam bidang elektronika industri.

Validasi instrumen dilakukan terlebih dahulu untuk menentukan media yang dikembangkan layak atau tidak layak. Validasi instrumen dilakukan oleh validator ahli dengan beberapa instrumen penilaian antara lain validasi materi, validasi media, validasi soal *pre-test* dan *post-test*, dan validasi angket respon. Hasil validasi digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat kelayakan produk sebelum diimplementasikan kepada peserta didik.

Tabel 3. Validator Ahli

No	Nama	Keterangan
1	ANF	Validator Ahli 1
2	RF	Validator Ahli 2

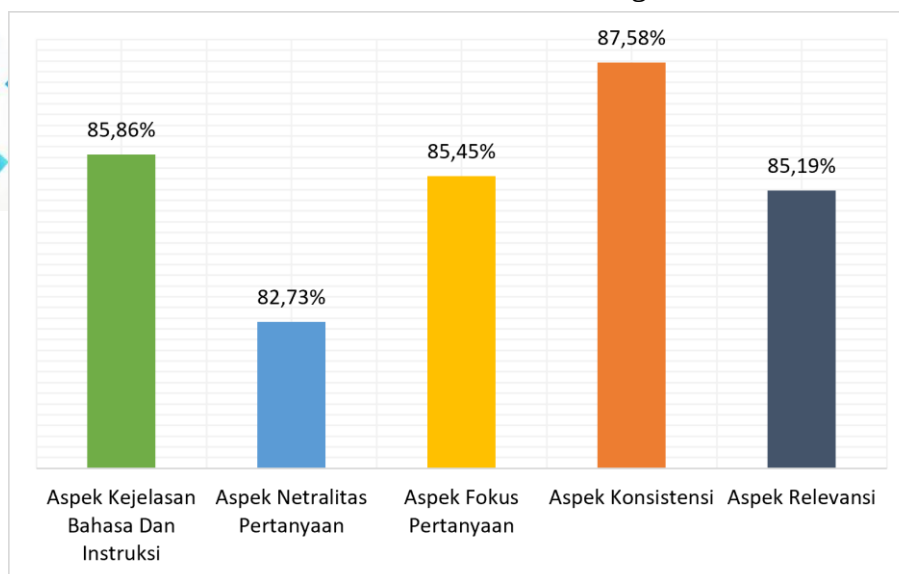
Seluruh perangkat dan instrumen pengukuran telah dinilai oleh validator ahli. Hasil uji validasi instrumen oleh para ahli tersebut disajikan pada Gambar 3 dibawah ini dengan menitikberatkan pada empat indikator validasi utama yang telah dievaluasi oleh validator ahli. Representasi grafis ini tidak hanya menunjukkan tingkat kelayakan produk secara visual, tetapi juga menjadi dasar utama untuk membahas sejauh mana instrumen yang dikembangkan mampu mengukur kompetensi peserta didik secara tepat dan akurat.



Gambar 3. Diagram Hasil Uji Validasi

Hasil validasi menunjukkan bahwa validasi materi memperoleh skor sebesar 98,67% yang menunjukkan bahwa materi yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan, kesesuaian dengan elemen pemrograman sistem *embedded* fase F, serta relevansi dengan kebutuhan praktikum peserta didik. Hasil Validasi media memperoleh skor sebesar 98,00% yang mengindikasikan bahwa aspek praktis dan aspek valid telah memenuhi standar yang baik dalam menunjang bahan praktikum mikrokontroler.

Berdasarkan hasil validasi tersebut, seluruh aspek validasi instrumen berada dalam kategori "Sangat Valid" dengan persentase lebih dari 98%. Semua validator menyatakan bahwa media *training kit* sangat layak untuk digunakan (Wahyudin dkk., 2024). Hal ini juga sejalan dengan penelitian oleh (Ismawati & Mustika, 2021) yang menyatakan bahwa nilai validasi ahli materi dan media diatas 90% dapat dikategorikan sebagai sangat valid. Dengan tingkat validitas instrumen yang tinggi, menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi kriteria secara optimal dan sangat layak digunakan dalam proses pembelajaran serta berpotensi memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik.



Gambar 4. Diagram Hasil Uji Kepraktisan

Berdasarkan diagram hasil uji kepraktisan diatas, respon peserta didik terhadap penggunaan media *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* menunjukkan tingkat penerimaan yang tinggi. Kepraktisan merupakan kemudahan penggunaan produk yang dikembangkan (Ilhami dkk., 2022). Aspek-aspek kepraktisan terbagi menjadi 5 aspek antara lain aspek kejelasan bahasa dan instruksi memperoleh persentase sebesar 85,86%, yang menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik merasa pertanyaan menggunakan kejelasan bahasa yang baik dan benar serta instruksi pada media *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* mudah dipahami. Aspek netralitas pertanyaan mendapatkan persentase sebesar 82,73%, mengindikasikan bahwa pertanyaan tidak menggiring peserta didik ke jawaban tertentu. Kemudian, aspek fokus pertanyaan memperoleh persentase sebesar 85,45%, yang menunjukkan bahwa pertanyaan cukup konsisten dan sesuai dengan media *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* yang telah dipelajari peserta didik. Aspek konsistensi mendapatkan persentase sebesar 87,58%, yang menunjukkan bahwa aspek konsistensi memiliki keselarasan pertanyaan bersifat positif dan negatif dalam mengukur tingkat motivasi, minat, dan sikap peserta didik secara konsisten. Terakhir, aspek relevansi memperoleh persentase sebesar 85,19%, mengidentifikasi bahwa pertanyaan telah sesuai dengan tujuan praktikum, relevan dengan konteks media *training kit*, dan pengalaman belajar peserta didik.

Hasil rata-rata respon peserta didik terhadap penggunaan media *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* menunjukkan tingkat respon yang sangat baik, hasil analisis menunjukkan bahwa mayoritas responden peserta didik kelas XI Teknik Elektronika Industri memberikan penilaian dengan skor rata-rata mencapai 85,55% yang dikategorikan sebagai "Sangat Praktis". Implementasi media ini terbukti meningkatkan motivasi, partisipasi, serta kemampuan eksploratif siswa dalam pembelajaran proyek (Putra dkk., 2025). Hasil respon peserta didik menunjukkan respon positif yang menunjukkan bahwa media sangat praktis (Atika dkk., 2022). Hal tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan dianggap sebagai inovasi pembelajaran yang praktis dan mampu memberikan pengalaman belajar yang interaktif bagi peserta didik.

Efektivitas dinilai menggunakan 3 ranah hasil belajar yakni kognitif, afektif, dan psikomotorik yang telah dilakukan perlakuan terhadap peserta didik. Efektivitas menilai sejauh mana media *training kit* dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik secara menyeluruh, dari ranah kognitif melalui *pre-test* dan *post-test*, ranah psikomotorik melalui praktikum, ranah afektif melalui sikap peserta didik selama pembelajaran sedang berlangsung. Aspek efektivitas ranah kognitif melalui data *pre-test* dan *post-test* diuji menggunakan uji *Wilcoxon Signed Rank*.

Test dikarenakan data tersebut berdistribusi tidak normal dan disajikan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Non Parametrik

<i>Post-Test – Pre-Test</i>	<i>N</i>	<i>Mean Rank</i>	<i>Sum of Ranks</i>
<i>Negative Ranks</i>	0	.00	.00
<i>Positive Ranks</i>	33	17.00	561.00
<i>Ties</i>	0		
Total	33		

Berdasarkan hasil uji non parametrik diatas ditemukan hasil bahwa *Negative Ranks* bernilai 0 yang artinya tidak ada penurunan dari nilai *post-test* ke nilai *pre-test*. *Positive Ranks* bernilai 33 pada data *N* yang artinya seluruh peserta didik yang bertotal 33 mengalami peningkatan hasil belajar, *Ties* bernilai 0 yang artinya tidak ada kesamaan nilai antara *post-test* dengan *pre-test*. *Mean Rank* atau rata-rata terdapat peningkatan sebesar 17,00, sedangkan jumlah ranking positif atau *Sum of Ranks* adalah sebesar 561,00.

Tabel 5. Output Test Uji Non Parametrik

Test Statistics	
Z	-5.022
Asymp. Sig. (2-tailed)	<.001

Berdasarkan tabel diatas diketahui nilai signifikansi sebesar <0,001 yang berarti lebih kecil dari (<0,05), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil uji non parametrik menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan terdapat perbedaan signifikan antara hasil nilai *pre-test* dan *post-test* peserta didik.

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

$$\begin{aligned}
 N - Gain &= \frac{\text{skor post test} - \text{skor pre tes}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pre tes}} \\
 &= \frac{83,27 - 51,15}{100 - 51,15} = 0,65
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dalam uji N-Gain menunjukkan hasil sebesar 0,65 yang termasuk dalam kategori tinggi berdasarkan kriteria indeks N-Gain. Hal ini menunjukkan bahwa media pembelajaran yang telah dikembangkan terbukti sangat layak dan efektif dalam meningkatkan kualitas proses belajar mengajar (Safa & Hardiyantari, 2025). Dengan demikian, media *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* terbukti cukup efektif untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik.

Selain ranah kognitif, efektivitas penelitian ini juga ditinjau melalui rata-rata hasil belajar afektif dan psikomotorik peserta didik yang disajikan pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Belajar Afektif dan Psikomotorik

Ranah	Rata-rata
Afektif	87,27
Psikomotorik	94,32

Aspek efektivitas ranah afektif melalui data lembar observasi afektif peserta didik menunjukkan hasil positif dengan rata-rata sebesar 87,27. Nilai ini mencakup rentang sebaran dari yang paling rendah sebesar 76,00 hingga mencapai nilai tertinggi sebesar 100,00. Secara kategori, sebanyak 28 peserta didik (84,8%) dominan berada pada tingkat "Sangat Baik", sedangkan 5 peserta didik lainnya (15,2%) masuk dalam kelompok "Baik". Indikator standar deviasi sebesar 5,78 memperkuat hasil ini, yang berarti tingkat keberagaman nilai di antara sesama peserta didik terhitung sangat kecil.

Ranah psikomotorik berdasarkan data lembar penilaian psikomotorik peserta didik, di mana rata-rata kelas mencapai angka 94,32. Skor minimal yang didapatkan oleh peserta didik adalah sebesar 89,33, sedangkan skor maksimalnya menyentuh angka 99,33. Di sisi lain, nilai standar deviasi yang berada pada angka 3,21 merefleksikan tingkat keberagaman nilai antar peserta didik yang relatif kecil. Dengan adanya media *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* menunjukkan adanya peningkatan perilaku positif peserta didik serta dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan tidak hanya layak secara teoritis dan teknis, namun juga terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik.

Kesimpulan

Penelitian pengembangan *training kit* sistem kontrol gerak dasar *quadcopter* menggunakan model ADDIE di SMKN 1 Jabon terbukti memenuhi kriteria kelayakan yang komprehensif dari aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Berdasarkan uji validasi ahli, media ini dinyatakan "Sangat Valid" dengan capaian skor tinggi dari ahli materi (98,67%), ahli media (98,00%), ahli instrumen tes (97,33%), dan ahli angket respons (98,67%). Tingkat kepraktisan produk juga dikategorikan "Sangat Praktis" melalui respons positif peserta didik yang mencapai rata-rata 85,55% di seluruh aspek penilaian (kejelasan bahasa, netralitas, fokus, konsistensi, dan relevansi). Dari segi efektivitas, media ini terbukti secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa, tecermin dari perolehan nilai *N-Gain* kognitif sebesar 0,65 (kategori tinggi), serta capaian rata-rata ranah afektif sebesar 87,27 (SD = 5,78) dan psikomotorik sebesar 94,32 (SD = 3,21) dengan sebaran variasi nilai antarpeserta didik yang relatif kecil. Dengan demikian, *training kit* ini sangat layak, praktis, dan efektif digunakan sebagai media pendukung pembelajaran praktik maupun referensi inovasi pembelajaran sejenis. Saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut meliputi optimalisasi pemanfaatan *training kit* oleh peserta didik guna meningkatkan kompetensi teknis, pemahaman konsep, dan keterampilan praktis sistem kendali. Pihak sekolah diharapkan memberikan dukungan pengadaan sarana pembelajaran inovatif sejenis secara luas, sementara guru dapat memanfaatkan media ini untuk mengembangkan variasi metode praktikum yang lebih menarik dan kontekstual. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan sistem menggunakan mikrokontroler yang lebih *powerful* seperti STM32 guna meminimalkan gangguan akses pin analog pada ESP32, serta menambahkan fitur *Internet of Things* (IoT) melalui platform Blynk dan modul telemetri Holybro untuk memperluas fungsionalitas antarmuka interaktif. Melalui implementasi saran-saran tersebut, luaran penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi positif dalam memperkaya variasi media praktik berbasis teknologi mikrokontroler modern di dunia pendidikan kejuruan.

Referensi

- Atika, Kosim, Sutrio, & Ayub, S. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Mobile Learning Berbasis Android Pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(1), 2620–8326. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i1.381>
- Fajarianingtyas, D. A., & Hidayat, J. N. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web Biologi Dasar untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Mahasiswa IPA. *Jurnal Kiprah*, 11(1), 12–20. <https://doi.org/10.31629/kiprah.v11i1.5357>

- Haidar, M. D. Al, Ryzty, E. A., Ramadhan, R., Marpaung, T. B. P., Kurniawan, A. R., & Priambodo, A. S. (2024). Pengembangan Mini Drone Berbasis ESP32 dengan Roll dan Pitch Control Menggunakan Algoritma PID. *Electrician : Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 18(2), 171–182. <https://doi.org/10.23960/elc.v18n2.2597>
- Hartono, B., Zuhri, M. R., Rosalia, C. A., & Fauzan, N. (2023). METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal Autonomous Quadcopter Image Processing for Simulated Search and Rescue Flights. *METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, 7(2), 8–17. <https://doi.org/10.25077/metal.7.2.8-17.2023>
- Ilhami, S., Fitri, R., Rahmawati, D., Atifah, Y., & Fajrina, S. (2022). Meta-Analisis Praktikalitas Media Pembelajaran Puzzle. *Journal on Teacher Education*, 4(2), 611–619. <https://doi.org/10.31004/jote.v4i2.8482>
- Ismawati, S., & Mustika, D. (2021). Validitas Media Video Berbasis Animasi Dalam Pembelajaran Tematik. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 1(2), 291–297. <https://doi.org/10.31004/innovative.v1i2.2785>
- Prakoso, F. A., & Rochmawati, R. (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>
- Pramuda, A., Angraeni, L., & Hadiati, S. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Teknologi Drone untuk Pengukuran Jarak Berbasis Arduino Terakusisi dengan Smartphone di Ground Control. *Kappa Journal*, 7(2), 206–210. <https://doi.org/10.29408/kpj.v7i2.14206>
- Putra, D. P., Agustinasari, Ramli, Fitriati, I., & Wahyudin. (2025). Perancangan Media Trainer Drone Model EDDIE Untuk Kreativitas Siswa SMPN 09 BIMA. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi (JUKANTI)*, 8(2), 213–224. <https://doi.org/10.37792/jukanti.v8i2.1833>
- Safa, H. ., & Hardiyantari, O. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Materi Sistem Pernapasan Manusia Berbasis Augmented Reality. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Indonesia*, 15(1), 64–77. https://doi.org/10.23887/jurnal_tp.v15i1.4599
- Suparta, W., & Handayani, T. (2022). Development of quadcopter for atmospheric data collection. *Jurnal Infotel*, 14(1), 57–64. <https://doi.org/10.20895/infotel.v14i1.727>
- Wahyudin, Fitriati, I., & Ilyas. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Trainer Perakitan Laptop untuk Meningkatkan Keterampilan Teknis dan Kompetensi Siswa SMK. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 4(3), 937–947. <https://doi.org/10.51454/decode.v4i3.797>