

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN DINAMIKA PARTIKEL YANG TERINTEGRASI DENGAN ALAT EKSPERIMENTAL BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNTUK SISWA SMA

Naila Fauza¹, Mustofa², Dedi Irawan³

^{1,2,3}Pendidikan Fisika FKIP , Universitas Riau

¹nailafauza@lecturer.unri.ac.ai, ²mustofa5751@student.unri.ac.id,

³dedi.irawan@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Teaching particle dynamics requires innovative teaching materials to facilitate student learning. This study aims to determine the validity and practicality of particle dynamics learning modules integrated with microcontroller-based experimental tools. The research and development methods used in this study use the ADDIE model, including analysis, design, development, implementation, and evaluation. The instruments used are validity sheets and practicality sheets. The results of the research and development of the particle dynamics learning module integrated with microcontroller-based experimental tools showed an average total validity score of 0.9, categorized as valid, and an average practicality score of 3.8, categorized as practical. Based on the results, the rotation dynamics learning module integrated with microcontroller-based experimental tools is suitable for use.

Keywords: Learning Module, Particle Dynamics, Arduino Microcontroller

ABSTRAK

Pengajaran dinamika partikel membutuhkan bahan ajar yang inovatif untuk memudahkan pembelajaran siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui validitas dan kepraktisan modul pembelajaran dinamika partikel yang terintegrasi dengan alat eksperimental berbasis mikrokontroler. Metode penelitian dan pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan model ADDIE, meliputi analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Instrumen yang digunakan adalah lembar validitas dan lembar kepraktisan. Hasil penelitian dan pengembangan modul pembelajaran dinamika partikel yang terintegrasi dengan alat eksperimental berbasis mikrokontroler menunjukkan skor validitas total rata-rata 0,9, dikategorikan valid, dan skor kepraktisan rata-rata 3,8, dikategorikan praktis. Berdasarkan hasilnya, modul pembelajaran dinamika rotasi yang terintegrasi dengan alat eksperimental berbasis mikrokontroler cocok digunakan.

Kata kunci: Modul Pembelajaran, Dinamika Partikel, Mikrokontroler Arduino

A. Pendahuluan

Pendidikan merupakan aspek fundamental yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan individu maupun masyarakat dalam konteks kebangsaan dan kenegaraan. Oleh karena itu, proses pendidikan harus berlangsung secara bertahap dan berkelanjutan guna mencapai tujuan umum pendidikan sebagaimana diamanatkan dalam Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, yaitu mengembangkan potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman, bertakwa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, serta menjadi warga negara yang demokratis dan bertanggung jawab (Mahrus, 2021:50; Susiloningsih dkk., 2023:199). Sejalan dengan tujuan tersebut, proses pembelajaran perlu dirancang sedemikian rupa agar mendorong peserta didik aktif berperan. Potensi tersembunyi mereka dapat berkembang secara optimal dan tercipta suasana belajar yang efektif.

Pembelajaran sains menjadi salah satu upaya penting dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia melalui pengalaman langsung yang memungkinkan pengembangan kompetensi serta pemahaman ilmiah terhadap lingkungan sekitar. UNESCO (2017) dalam *Handbook for Science Teachers* menegaskan bahwa pembelajaran sains mengikuti tahapan kegiatan ilmiah, yaitu proses pengumpulan dan pembentukan

pengetahuan ilmiah yang menjunjung prinsip objektivitas, akurasi, ketelitian, pencarian kebenaran, dan pemecahan masalah sebagai dasar pengembangan *scientific inquiry* (Lederman, 2019:249; Giri & Paily, 2020:675). Selaras dengan pendekatan *student-centered learning*, pembelajaran IPA mengutamakan keterlibatan aktif peserta didik guna meningkatkan pemahaman konsep sekaligus kemampuan memecahkan masalah praktis (Lely dkk., 2024:84). IPA secara umum mencakup tiga bidang ilmu dasar, yaitu biologi, kimia, dan fisika. Fisika sebagai kumpulan pengetahuan sekaligus metode penyelidikan terdiri dari fakta, konsep, prinsip, hukum, teori, dan model serta strategi yang efektif dan efisien, seperti kegiatan praktik (Harefa, 2020:170). Sebagai salah satu cabang IPA yang mempelajari fenomena alam, fisika menjadi dasar penting kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi karena keterkaitannya dengan bidang ilmu lain (Taşar & Heron, 2023). Proses pembelajaran fisika menuntut penguasaan konsep fundamental serta keterampilan matematis yang diperoleh melalui pengamatan dan penerapan ilmu untuk memecahkan masalah secara ilmiah (Putri, 2017:127). Selanjutnya, konsep fisika dirancang untuk mendorong kemampuan berpikir abstrak dan kompleks agar siswa memahami fenomena alam serta mekanisme berbagai teknologi di sekitar mereka (Kusasih & Satria, 2024:565).

Dinamika partikel merupakan cabang mekanika yang mempelajari hubungan antara gaya yang bekerja pada partikel dengan gerak yang dihasilkan. Materi ini diajarkan umumnya pada siswa kelas XI Sekolah Menengah Atas (SMA) sebagai bagian dari pemahaman konsep gerak benda dan hukum Newton. Dinamika partikel membahas konsep gaya, percepatan, massa, serta penerapan hukum kedua Newton. Karena materi ini bersifat abstrak dan melibatkan perhitungan matematis kompleks, siswa kerap mengalami kesulitan memahami konsep secara mendalam. Oleh karena itu, pengembangan modul pembelajaran terintegrasi alat eksperimen berbasis *mikrokontroler arduino*, mempermudah dalam deteksi kecepatan dan waktu secara sederhana, sehingga konsep fisika yang dapat diterima oleh pikiran siswa yang tergolong sederhana dan siswa juga berperan langsung dalam pelaksanaannya sehingga konsep tersebut tidak hanya sebatas dibayangkan saja tapi dapat langsung dirasakan, dilakukan, dan dilihat (Fauza et al., 2022:6). Meski berbagai media pembelajaran seperti simulasi komputer dan animasi interaktif sudah dikembangkan untuk materi dinamika partikel, masih terdapat kendala berupa keterbatasan pemahaman konkret akibat interaksi yang bersifat virtual. Oleh sebab itu, inovasi media pembelajaran berbasis sistem mikrokontroler menjadi solusi potensial yang mampu memberikan data lebih akurat dan efisien serta meningkatkan keterlibatan siswa

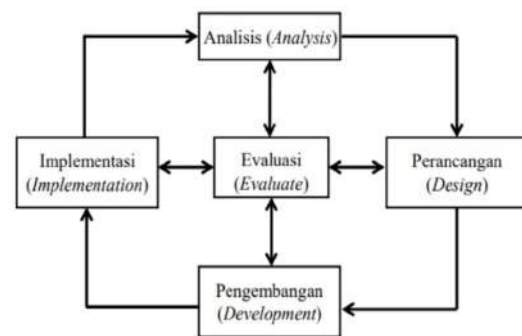
dalam pembelajaran fisika (Masyruhan dkk., 2020:134; Minardi dkk., 2023).

Penggunaan media pembelajaran terbukti sangat memengaruhi hasil belajar siswa, hal tersebut sesuai dengan tuntutan kurikulum yang menekankan akan pembelajaran inovatif dan pengembangan keterampilan dalam pembelajaran dan beberapa wawancara terhadap guru fisika di beberapa sekolah menjelaskan bahwa kurangnya variasi media dalam pembelajaran dapat menimbulkan pembelajaran yang monoton dan kurang menarik. Berangkat dari permasalahan ini, modul pembelajaran hadir sebagai alternatif yang memperkaya interaksi antara guru dan siswa serta menyediakan materi pembelajaran selain buku teks (Putri dkk., 2024:139). Penyusunan modul yang disesuaikan dengan kurikulum, kebutuhan siswa, dan karakteristik materi disajikan secara terstruktur dalam bentuk materi, metode, panduan, dan evaluasi sehingga modul menjadi alat pembelajaran efektif dan menarik untuk siswa SMA (Sunantri dkk., 2016; Nengsih dkk., 2024:155; Novita & Patonah, 2025:170). Modul pembelajaran memiliki keunggulan utama berupa sifat *self-instructional* yang memungkinkan siswa belajar secara mandiri kapan saja dan di mana saja tanpa bergantung pada guru atau sumber lain. Selain itu, modul bersifat *self-contained* sehingga seluruh materi dari satu unit kompetensi disajikan utuh dalam satu modul, memungkinkan siswa memperoleh

pemahaman yang lengkap secara sistematis (Safitri dkk., 2023:32). Dengan struktur rinci, komponen lengkap, dan kaidah desain pesan yang baik, modul menjadikan proses pembelajaran lebih efektif dan efisien. Pengembangan modul yang berbasis penelitian terdahulu sangat penting karena modul berkualitas mampu meningkatkan motivasi belajar siswa, memberikan umpan balik langsung, serta menyesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan individu siswa.

B. Metode Penelitian

Penelitian pengembangan modul pembelajaran dilakukan di laboratorium pengembangan media pembelajaran pendidikan fisika program studi pendidikan fisika jurusan PMIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau. Penelitian praktikalitas Modul Pembelajaran dilakukan di SMA N 15 Pekanbaru penelitian dilakukan pada bulan Desember 2025 hingga Mei 2026. Subjek penelitian ini adalah 3 validator yang ahli dalam bidang bahan ajar, siswa kela XI SMA N 15 Pekanbaru dengan jumlah 10 orang sebagai uji terbatas dan 3 orang guru. Tahap Penyusunan dan pengembangan modul pembelajaran dilakukan dengan fase model pengembangan ADDIE sesuai dengan gambar 1.



Gambar 1 Konsep model ADDIE

Tahap tahap penelitian dan pengembangan yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Analisis

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini ada dua jenis analisis yaitu analisis kebutuhan dan analisis kurikulum. Penjelasan tersebut sebagai berikut: analisis

a. Analisis kebutuhan

Peneliti melakukan analisis kebutuhan dengan cara melakukan wawancara guru-guru fisika tingkat SMA. wawancara analisis kebutuhan untuk guru fisika dilaksanakan secara offline pada beberapa guru fisika SMA dipekanbaru. Isi dari wawancara yang dilakukan adalah urgensi mengenai materi dinamika partikel, kesulitan siswa dalam belajar materi dinamika partikel, pemanfaatan alat eksperimen berbasis mikrokontroler.

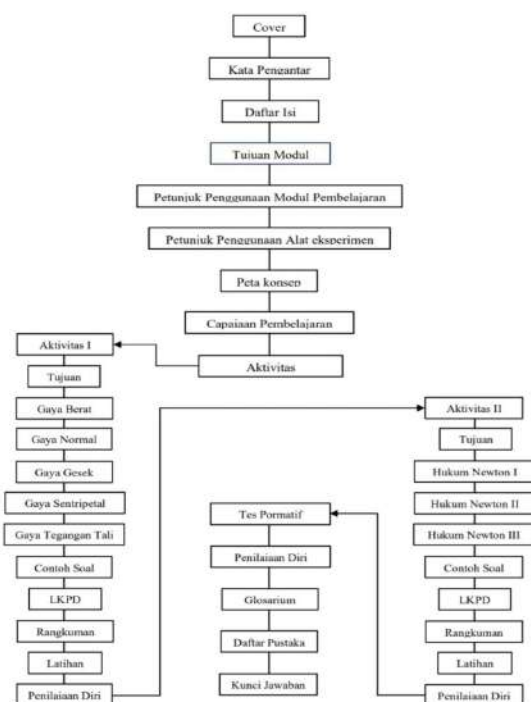
b. Analisis Kurikulum

Analisis kurikulum dilakukan oleh peneliti dengan tujuan untuk membuat isi materi pada modul pembelajaran. Materi yang dimasukkan yaitu materi dinamika partikel. Materi modul pembelajaran mengikuti Capaian Pembelajaran (CP) yang ada pada kurikulum merdeka. CP dianalisis materi dinamika partikelnya dan dikembangkan dalam berbentuk

Tujuan Pembelajaran (TP). Setelah TP sudah jadi, dilanjutkan pada pembuatan peta konsep materi dinamika partikel

2) Perancangan

Setelah tahapan analisis dilakukan, tahap selanjutnya pada model ADDIE yaitu tahap perancangan. Tahap perancangan pada penelitian pengembangan modul pembelajaran dinamika rotasi dirancang sesuai dengan analisis yang dibutuhkan sebelumnya. Setelah itu, tahap perancangan ini diperlukan unsur-unsur dalam modul pembelajaran seperti format modul pembelajaran yang didukung oleh referensi yang akan digunakan dalam pengembangan modul pembelajaran dan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Rancangan Modul Pembelajaran

Perancangan modul pembelajaran ini diharapkan mampu menggambarkan tentang materi

dinamika partikel dengan bantuan alat eksperimen berbasis mikrokontroler. Sehingga modul pembelajaran yang dihasilkan bisa digunakan secara efektif.

3) Pengembangan

Tahap selanjutnya merupakan tahap pengembangan atau development. Tahap pengembangan ini adalah merancang rancangan yang telah dibuat harus diselesaikan dengan kebutuhan yang ingin dicapai sehingga modul pembelajaran dinamika partikel dapat dibuat sesuai dengan harapan yang telah dirancang. Susunan format modul pembelajaran yang dibutuhkan akan dibuat menjadi suatu modul pembelajaran yang diharapkan. Sehingga dengan adanya bahan ajar ini mempermudah siswa mempelajari dinamika materi partikel, menggambarkan konteks dinamika partikel pada fenomena alam, dan kehidupan sehari.

Selanjutnya pada tahap ini akan dilakukan validasi produk yaitu validasi modul pembelajaran dinamika partikel. Validasi modul pembelajaran dilakukan minimal dua kali validasi, dimana validasi pertama untuk revisi perbaikan modul pembelajaran dan validasi kedua untuk memberi nilai serta pemberian saran untuk perbaikan modul pembelajaran lebih lanjut.

Modul pembelajaran dinamika rpartikel divalidasi oleh tiga orang validator, dimana validator tersebut merupakan ahli dan pakar dalam pengembangan bahan ajar. Perbaikan produk modul pembelajaran dilakukan berdasarkan saran dari validator.

Sehingga hasil akhir yang akan didapat dari tahap ini adalah modul pembelajaran dinamika partikel yang valid untuk digunakan dan siap untuk dilanjutkan pada uji coba produk.

4) Implementasi

Penelitian ini dibatasi hingga tahap implementasi skala kecil yaitu tahap uji coba terbatas. Tahap implementasi skala besar tidak dilakukan karena tujuan penelitian hanya mengembangkan dan mengetahui respon pengguna terhadap modul pembelajaran dinamika partikel terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler. Produk final dapat diimplementasikan untuk wilayah yang lebih luas dengan melakukan penelitian lanjutan. Oleh sebab itu, penelitian ini hanya sampai pada uji praktikalitas saja.

5) Evaluasi

Tahap evaluasi merupakan tahap yang berkaitan dengan seluruh langkah. Pada tahap ini peneliti akan mengevaluasi seluruh kekurangan pada tiap tiap tahap ADDIE serta memperbaiki kekurangan tersebut sesuai dengan komentar, kritik dan saran yang diperoleh ketika validasi modul pembelajaran dinamika rotasi.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lembar validasi untuk mengukur kriteria valid dan lembar praktikalitas untuk dengan skala likert untuk mengetahui kepraktisan modul pembelajaran.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif, yaitu dengan cara menghitung skor validitas dan praktikalitas setiap instrumen penilaian perangkat eksperimen

kemudian dilakukan penarikan kesimpulan.

Adapun langkah-langkah analisis data pada uji validitas adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan nilai untuk tiap-tiap indikator pada lembar penilaian validitas. Adapun rentang skor penilaian validitas menggunakan skala likert yang dicantumkan pada Tabel 1.

Tabel 1 kategori penilaian lembar validasi

Kategori	Skor
Sangat Setuju	5
Setuju	4
Kurang Setuju	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

(Sumber: Widyoko, 2012:106)

2. Data hasil uji validitas yang diperoleh dianalisis dengan indeks validitas butir indeks Aiken's V (V):

$$V = \frac{\sum s}{n(c - 1)}$$

$$s = r - l_0$$

Keterangan :

V = Indeks kesepakatan rater

l_0 = Angka penilaian validitas yang terendah (dalam hal ini = 1)

c = Angka penilaian validitas yang tertinggi (dalam hal ini = 5)

r = Angka yang diberikan oleh seorang penilai

n = Jumlah penilai

3. Menentukan kategori kevalidan berdasarkan hasil indeks kesepakatan rater yang diisi oleh validator pada lembar validasi dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Kriteria kevalidan berdasarkan lembar validasi oleh validator

Tidak	Rentang Skor	Kriteria Validitas
1	$0,70 < V \leq 1,0$	Berlaku
2	$0,00 < V \leq 0,70$	Tidak Berlaku

Sumber: adaptasi (Kristyasari , 2021:80)

- Perangkat Modul Pembelajaran dikatakan valid apabila setiap validator memberikan penilaian pada rentang $0,70 < V \leq 1,00$ untuk semua indikator, apabila terdapat nilai $0,00 < V \leq 0,70$ maka akan dilakukan perbaikan pada indikator tersebut.

Setelah dinyatakan valid, maka tahap selanjutnya adalah penilaian praktikalitas Modul pembelajaran.

Adapun langkah-langkah analisis data pada praktikalitas adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan nilai untuk tiap butir praktikalitas yang dinilai pada lembar angket (kuesioner). Penilaian aspek perangkat modul pembelajaran pada angket (kuesioner) menggunakan skala likert seperti pada Tabel 3

Tabel 3 Kategori penilaian lembar praktikalitas

Kategori	Skor
Sangat Setuju	5
Setuju	4
Kurang Setuju	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

(Sumber: Widyoko , 2012:106)

- Data hasil praktikalitas yang diperoleh dianalisis dengan mencari rata – rata tiap indikator yang diberikan praktikan dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = Skor rerata

$\sum x$ = Jumlah skor item praktikan

N = Jumlah praktikan

- Melakukan penarikan kesimpulan dimana modul pembelajaran yang dikembangkan dikatakan praktis penggunaannya bagi guru dan siswa jika minimal kategori yang dicapai adalah baik. Penarikan kesimpulan menentukan kategori kepraktisan dari skor rata – rata tiap item berdasarkan Tabel 4

Tabel 4. Skala likert praktikalitas

Tidak	Interval Skor	Kategori Kepraktisan
1	$3 \leq \bar{x} \leq 5,00$	praktis
2	$0 < \bar{x} < 3$	Tidak praktis

Sumber: adaptasi (Sugiyono , 2019 :173)

Perangkat modul dikatakan praktis apabila setiap butir penilaiannya dinyatakan praktis dan layak untuk dilakukan uji pemakaian skala yang lebih luas. Praktikan memberikan penilaian pada rentang $3 \leq x \leq 5$ untuk semua indikator dikatakan praktis, apabila terdapat nilai $0 < x < 3$ maka akan dilakukan perbaikan pada indikator tersebut.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Tahap penelitian ini dimulai dari analisis. Analisis yang dilakukan ada 2 yaitu analisis kebutuhan dan analisis kurikulum. Analisis kebutuhan dilakukan dengan cara studi literatur dan juga wawancara terhadap guru SMA. Tahap analisis dalam penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah dalam pembelajaran dinamika partikel serta menyesuaikan media yang dikembangkan dengan target capaian belajar. Pada proses ini, peneliti mengumpulkan informasi mengenai kekurangan pada modul-modul yang sudah ada sebelumnya agar tidak mengulang kesalahan yang sama. Data yang terkumpul kemudian digunakan sebagai acuan utama dalam merancang produk baru yang lebih efektif dan sesuai kebutuhan di lapangan. Melalui langkah awal ini, produk yang dihasilkan diharapkan mampu menjadi solusi nyata untuk meningkatkan kualitas kegiatan belajar mengajar di sekolah.

Sebagai langkah konkret, peneliti melakukan analisis kebutuhan melalui studi literatur dan penyebaran angket untuk mengetahui kondisi riil pembelajaran dinamika partikel, khususnya yang berkaitan dengan penerapan modul terintegrasi alat eksperimen. Studi literatur menunjukkan bahwa dinamika partikel sering dianggap sulit karena melibatkan konsep abstrak seperti gaya non-kontak dan analisis vektor. Sari & Sunarno (2021) mengungkapkan bahwa modul konvensional sering kali gagal

menyajikan representasi diagram gaya (*free-body diagrams*) yang interaktif, sehingga siswa kesulitan menghubungkan konsep matematis dengan fenomena fisik. Padahal, menurut Tafonao (2018), media pembelajaran yang tepat berfungsi penting untuk memperjelas materi agar tidak sekadar verbal, mengatasi keterbatasan ruang dan waktu, mengatasi kepasifan siswa, menghindari kesalahpahaman konsep, serta menghubungkan hal nyata dan abstrak. Sejalan dengan itu, Fitriani & Halim (2023) menemukan bahwa modul yang terintegrasi dengan alat eksperimen tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga secara signifikan meningkatkan keterampilan proses sains, kemampuan analisis data, dan penarikan kesimpulan siswa dibandingkan modul berbasis teks saja.

Selain analisis kebutuhan, peneliti juga melakukan analisis kurikulum untuk memastikan modul yang dikembangkan sejalan dengan regulasi pendidikan yang berlaku. Jika ditinjau dari Kurikulum 2013 edisi revisi, pengembangan modul ini mendukung upaya peningkatan keseimbangan *soft skills* dan *hard skills* yang mencakup aspek sikap, keterampilan, dan pengetahuan agar siswa dapat berpikir lebih kreatif (Pangesti et al., 2017). Kurikulum 2013 juga memposisikan peserta didik sebagai pusat pembelajaran (*student-centered*) untuk membangun konsep secara aktif melalui pendekatan ilmiah (Lestari et al., 2018). Sementara itu,

implementasi modul ini menjadi sangat relevan dengan Kurikulum Merdeka yang telah ditetapkan sebagai kurikulum nasional. Terlebih dengan adanya penguatan pendekatan *Deep Learning* (pembelajaran mendalam) serta pengembalian sistem penjurusan (IPA, IPS, dan Bahasa) untuk menyederhanakan muatan materi agar lebih fokus. Kurikulum Merdeka menitikberatkan pada tiga aspek utama, yaitu pembelajaran yang bermakna (*bermakna*), menyenangkan (*gembira*), dan sadar (*mindful*). Melalui metode interaktif seperti eksperimen dan pemecahan masalah nyata pada materi esensial dinamika partikel, modul ini mendukung Standar Proses baru dalam Permendikdasmen No. 1 Tahun 2026 yang mendorong murid untuk mengonstruksi pengetahuan secara aktif, kontekstual, sekaligus adaptif terhadap integrasi teknologi terbaru seperti kecerdasan buatan (AI) dan koding.

Setelah mendapatkan informasi, maka peneliti merancang desain modul pembelajaran dinamika Partikel terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler. Perancangan dimulai dengan mencari format format apa saja yang dibutuhkan dalam sebuah modul pembelajaran. Setelah melakukan studi literatur, berdiskusi dengan pembimbing dan revisi dari validator didapatkan format modul pembelajaran dinamika partikel terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler yaitu: cover, kata pengantar, daftar isi, tujuan modul

pembelajaran, petunjuk penggunaan modul, petunjuk penggunaan alat, peta konsep, capaian pembelajaran, kegiatan aktivitas 1 & 2 (tujuan pembelajaran, materi, contoh soal, rangkuman, LKPD, latihan soal, kunci jawaban, refleksi), glosarium dan daftar pustaka.

Setelah melakukan tahap perancangan, selanjutnya peneliti membuah modul pembelajaran dinamika partikel terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler yang sesuai dengan rancangan dan format yang sudah dibuat, setelahnya dilakukan tahap validasi dan praktikalitas.

Hasil indeks per aspek didapatkan dari validasi modul pembelajaran dinamika partikel terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler yang dikembangkan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Validasi modul pembelajaran untuk Setiap Aspek

Tidak	Indikator	V indeks	Kategori Validitas
1	Fungsi perangkat	0.91	Berlaku
2	Kemudahan	0.91	Berlaku
3	Estetika	0.91	Berlaku
4	Keamanan kerja	0.91	Berlaku
5	Kelayakan isi	0.91	Berlaku
6	Penyajian	0,9	Berlaku
7	Bahasa	0.875	Berlaku
8	Tampilan	0.88	Berlaku
Rata-rata penilaian total		0,9	Berlaku

Berdasarkan uraian Tabel 5. diperoleh nilai rata-rata total validitas modul pembelajaran sebesar 0,9. Jadi, apabila dilihat dari kriteria validitas indeks Aiken V, nilai ini

termasuk ke dalam kategori valid ($0,7V \leq 1,0$). Artinya, ketiga ahli validator memberikan penilaian yang cenderung konsisten dan sesuai dengan indikator dan modul pembelajaran dinamika partikel terintegrasi alat eksperimen dinyatakan valid.

Hasil skor rerata menurut guru dan siswa didapatkan dari praktikalitas. modul pembelajaran dinamika partikel terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler yang dikembangkan disajikan pada Tabel 6

Tabel 6 Hasil Praktikalitas Modul Pembelajaran Menurut Guru dan Siswa

Tida k	Praktik an	Skor Rera ta	Kategori Praktikalit as
1	Guru	3.9	Praktis
2	Siswa	3.88	Praktis
Rata-rata Penilaian Total		3.89	Praktis

Berdasarkan uraian Tabel 4.2 diperoleh nilai rata rata total praktikalitas modul pembelajaran 3,4. Jadi, apabila dilihat dari kriteria. praktikalitasnya, nilai ini termasuk ke dalam kategori praktis ($3 \leq x \leq 5,00$). Artinya, semua praktikan baik guru maupun siswa memberikan penilaian cenderung konsisten dan sesuai dengan indikator dan modul pembelajaran dinamika rotasi terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler dinyatakan praktis.

D. Kesimpulan

Modul Pembelajaran terintegrasi alat eksperimen telah berhasil dikembangkan mengikuti prosedur *penelitian dan pengembangan* (R&D) model ADDIE. Proses penelitian modul pembelajaran terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler ini menghasilkan:

1. Modul pembelajaran terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler arduino yang valid
2. Modul pembelajaran terintegrasi alat eksperimen berbasis mikrokontroler arduino yang praktis

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, modul pembelajaran terintegrasi alat eksperimen dinyatakan sudah layak digunakan sebagai media pembelajaran terkait materi Dinamika Partikel kelas XI SMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Y. K., & Widodo, A. (2018). Pemahaman hakikat sains pada guru dan siswa sekolah dasar. *Jurnal Edukasi*, 10(1), 55-72. <https://doi.org/10.31603/edukasi.v10i1.1831>
- Giri, V., & Paily, A. K. (2020). Scientific inquiry: The essence of science education. *International Journal of Advanced Research in Education and Society*, 2(1), 675.
- Harefa, N. (2020). *Pendidikan fisika: Metode dan strategi pembelajaran*. Penerbit Buku Edukasi.
- Kristiyasari, M. L. (2021). Validitas dan reliabilitas instrumen CTTME pada pembelajaran IPA terpadu SMP. *Pedagogika: Jurnal Ilmu-Ilmu Kependidikan*, 1(1), 76-85.

- Kusasih, I. H., & Satria, D. (2024). Strategi pembelajaran berbasis masalah (problem-based learning) dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 2(2), 562-567.
- Lederman, N. G. (2019). Mengkontekstualisasikan hubungan antara sifat pengetahuan ilmiah dan penyelidikan ilmiah: Implikasi untuk kurikulum dan praktik kelas. *Sains & Pendidikan*, 28(3-5), 249-267. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00030-8>
- Lely, L. P., Marjanah, & Sarjani, T. M. (2024). Pengaruh pendekatan student centered learning (SCL) terhadap hasil belajar pada mata kuliah morfologi tumbuhan. *Biosfer: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 9(1), 81-86. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v9i1.15034>
- Mahrus, M. (2021). Manajemen kurikulum dan pembelajaran dalam sistem pendidikan nasional. *JIEMAN: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 3(1), 41-80. <https://doi.org/10.35719/jieman.v3i1.59>
- Masyruhan, M., Pratiwi, U., & Al Hakim, Y. (2020). Perancangan alat peraga hukum hooke berbasis mikrokontroler arduino sebagai media pembelajaran fisika. *Spektra: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 6(2), 134. <https://doi.org/10.32699/spektra.v6i2.145>
- Novita, M., & Patonah, S. (2025). Analisis keterampilan berpikir kritis siswa dalam pengembangan modul ajar berdiferensiasi berorientasi education for sustainable development pada materi green chemistry. *Jurnal Pendidikan Sains*, 14(1), 167-177.
- Nurhasanah, L., Utami, S., & Rahmawati, F. (2019). Implementasi model 4D dalam pengembangan modul pembelajaran fisika berbasis eksperimen. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 5(2), 110-119. <https://doi.org/10.22219/jipi.v5i2.2019>
- Putri, D. E., Sutrisno, E., & Wulandari, S. (2023). Validitas dan reliabilitas instrumen pembelajaran berbasis karakter. *Jurnal Pendidikan dan Evaluasi*, 15(2), 100-110. <https://doi.org/10.1234/edu.2023.4567>
- Putri, R., & Wahyudi, B. (2023). Efektivitas modul pembelajaran berbasis proyek dengan media mikrokontroler arduino dalam meningkatkan kreativitas dan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 19(1), 33-45. <https://doi.org/10.5678/jpfi.v19i1.2023>
- Subagia, I. W. (2015). Taksonomi pembelajaran dan penilaian hasil belajar berbasis trikaya. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 1(1), 40-64. <https://doi.org/10.23967/jpi-undiksha.v1i1.4485>
- Sugiyono. (2018). *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian & pengembangan*. Alfabeta.
- Sunantri, A., Suyatna, A., & Rosidin, U. (2016). Pengembangan modul pembelajaran menggunakan Learning Content Development System materi

- usaha dan energi. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 107-116.
- Susiloningsih, E., Tahir, A., Setiono, A., & Vanda, Y. (2023). Analisis efektivitas pelaksanaan pembelajaran aktif kelas pada cara belajar karakter siswa. *Mudir: Jurnal Manajemen Pendidikan*, 5(2), 198-199.
<https://doi.org/10.55352/mudir>
- Taşar, M. F., & Heron, P. R. L. (Eds.). (2023). *Buku pegangan internasional penelitian pendidikan fisika: Topik khusus*. AIP Publishing.
<https://doi.org/10.1063/9780735425514>
- UNESCO. (2017). *Buku pegangan untuk guru sains*. UNESCO Publishing.
- Usman, I. (2024). Pengembangan media pembelajaran berbantuan arduino untuk mendukung pembelajaran gerak jatuh bebas pada peserta didik kelas XI SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 6(2), 44-54.