

Pengembangan E-Modul Mekanika Lagrange Berbasis Flipbook Sistem Pegas Pendulum

Faniya Nur Haryadi Eka Putri¹ Hani Nur Hidayah² Bayu Setiaji³

Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia^{1,2}

Email: haninur.2023@student.uny.ac.id²

Abstract

This research is a type of Research and Development (R & D) research that uses the 4D development model, namely Define, Design, Develop, Disseminate. This research produces a Lagrange Mechanics E-Module based on a flipbook pendulum spring system. The aim of this research is to produce a Lagrange Mechanics E-Module that is suitable for use as a learning medium for Analytical Mechanics. The data collection instrument used in this research is a questionnaire as a validation assessment for material experts and students, data analysis uses percentages with predetermined categories. The research sample was 14 Physics Education students. The validation results by material experts were 73% in the feasible category. The student response results were 85% in the very appropriate category. From these results, the Lagrange Mechanics E-Module is suitable for use with revisions as an alternative source of learning.

Keywords: E-module, lagrange mechanics, pegas pendulum



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Mekanika Lagrange merupakan pengembangan dari rumusan mekanika klasik yang diperkenalkan oleh Joseph Louis Lagrange pada tahun 1788. Mekanika Lagrange menekankan penguasaan konseptual siswa dan keterampilan berpikir analitis. Mekanika Lagrange bersifat abstrak karena memerlukan kemampuan berpikir tingkat lanjut untuk memahami teorinya. Konsep abstrak cenderung menimbulkan kesulitan belajar dan kesalahpahaman konsep di kalangan mahasiswa (Umaida, 2009). Hal ini tentunya menjadikan tantangan bagi mahasiswa untuk memahami konsep materi tersebut. Karena keterbatasan waktu, banyak kasus mekanika yang tidak dapat dijelaskan secara detail dalam perkuliahan. Selain itu, keterampilan matematika tingkat lanjut juga diperlukan untuk membahas kasus kompleks. Faktanya, memikirkan dunia fisika memerlukan model yang tepat untuk mempelajari mekanisme yang mendasarinya. Ada banyak aplikasi mengenai fisika dalam kehidupan sekitar kita, salah satunya ialah sistem pegas pendulum. Pada penerapan persamaan Lagrange sistem pegas pendulum peneliti mengembangkan e-modul berbantuan aplikasi Canva dan Flipbook. Aplikasi Canva adalah program desain grafis dengan sejumlah fitur menarik yang dapat digunakan untuk membuat berbagai jenis desain yang digunakan untuk menghasilkan desain produk yang berbeda. Membuat materi pendidikan, materi presentasi, poster, dan hal-hal grafis lainnya menjadi mudah dengan memanfaatkan perangkat lunak Canva. Di sisi lain, terdapat aplikasi Flipbook yang berperan dalam mengubah format PDF bahan ajar tersebut menjadi e-modul yang interaktif dengan halaman yang dapat dibolak-balik layaknya buku fisik (Halifah, 2023). Aplikasi ini digunakan untuk membuat dan mengembangkan modul menjadi e-modul dengan tampilan yang lebih menarik.

Modul merupakan alat atau sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan, dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya (Tim Penyusun, 2008). Pada umumnya masih terdapat beberapa dosen yang belum membuat materi untuk mahasiswanya

yang menyertakan modul, bahkan masih menyarankan mahasiswa menggunakan modul dari penerbit tertentu. (Lukman, 2014:110), berpendapat bahwa penggunaan modul yang kurang menarik dan cenderung monoton menurunkan kualitas pembelajaran dan mempengaruhi pemahaman mahasiswa terhadap materi. Saat ini, sebagian besar modul dibuat dalam bentuk cetak. Bentuk modul seperti ini cenderung monoton dan kurang menarik. Salah satu cara untuk membuat modul lebih menarik bagi mahasiswa adalah dengan membuatnya dalam bentuk elektronik sehingga dapat digunakan sebagai produk interaktif biasa disebut dengan e-modul. Modul elektronik adalah modul digital yang dapat mencakup simulasi dan konten elektronik digital yang dapat digunakan dalam lingkungan pembelajaran. Modul ini dapat terdiri dari teks, grafik, atau keduanya (Herawati, 2018). E-modul diartikan oleh Wijayanto (2014:626), sebagai sajian modul yang memberikan tampilan materi dalam bentuk format digital dengan melibatkan berbagai unsur media. Modul dapat dimasukkan ke dalam produk lain seperti gambar, animasi, audio, dan video, selain itu dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat terutama mahasiswa sudah tidak asing lagi dengan penggunaan android. Dengan menggunakan e-modul memungkinkan untuk memudahkan dalam mengakses materi dimanapun. Materi yang mudah dipahami dan dikemas secara menarik dapat meningkatkan minat belajar. Minat seseorang dalam mempelajari suatu mata Pelajaran mempengaruhi hasil belajarnya. Oleh karena itu penggunaan bahan ajar modul pada proses pembelajaran cukup penting karena itu, modul elektronik (e-modul) perlu dikembangkan untuk pembelajaran. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan e-modul mekanika lagrange berbasis sistem pegas-pendulum berbantuan aplikasi canva dan flipbook.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian pengembangan *Research and Development* (R&D). Metode penelitian dan pengembangan ditujukan untuk memperoleh suatu produk yang dikembangkan dari beberapa aspek, melalui proses pengujian validitas sebagai landasan untuk melakukan proses perbaikan hingga menghasilkan produk yang layak dipakai. Dalam proses pembelajaran mekanika analitik, khususnya materi yang berkaitan dengan persamaan Lagrange, ditekankan pada pengembangan kemampuan berpikir analisis mahasiswa. Hal ini dicapai melalui penerapan model pengembangan perangkat pembelajaran 4D. Model 4D terdiri dari empat tahap utama, yaitu *define* (mendefinisikan), *design* (merancang), *develop* (mengembangkan), dan *disseminate* (menyebarkan) (Thiagarajan, et.al., 1974). Perhatikan skema tahap penelitian pada gambar 1. dibawah ini



Gambar 1. Tahapan Penelitian dan Pengembangan Model 4D (Thiagarajan, et.al., 1974)

Tahapan penelitian pengembangan pada gambar 1. diatas adalah (1) *Define* : tahap definisi menentukan permasalahan yang dihadapi dalam mata kuliah mekanika analitik berdasarkan angket mahasiswa. Mahasiswa yang mempelajari mekanika Lagrange masih merasa kesulitan dalam memahami materi tersebut dan masih jarang ditemukan di internet. (2) *Design* : pada tahap perancangan dirancang format bahan ajar berupa e-modul. Format bahan ajar yang diberikan dalam e-modul didasarkan pada buku mekanika analitik yang digunakan selama perkuliahan ini. Pada tahap perancangan, kami juga membuat angket validasi ahli materi dan angket penilaian mahasiswa. (3) *Development* : Pada tahap pengembangan, dilakukan penyusunan bahan ajar berupa e-modul. Selain itu, isi e-modul

dikembangkan dengan menerapkan persamaan Lagrange pada sistem pegas pendulum. Materi Mekanika Lagrange kemudian disajikan dalam format *flipbook*. Tahap ini juga mencakup evaluasi ahli materi. (4) *Disseminate*: pada tahap ini penyebaran e-modul kepada mahasiswa dilakukan melalui link *flipbook*.

Data yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini bersifat kuantitatif, kemudian dianalisis secara statistik deskriptif dan disimpulkan sebagai masukan untuk memperbaiki produk yang telah dikembangkan. Dari hasil verifikasi diperoleh data kuantitatif hasil evaluasi ahli materi dan mahasiswa dengan skala lima poin dengan rentang nilai : 5 untuk kategori sangat baik, 4 untuk kategori baik, 3 untuk kategori cukup baik, 2 untuk kategori kurang baik, dan 1 untuk kategori sangat kurang baik. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini berupa angket. Pengumpulan angket dilakukan pada saat validasi ahli materi dan diisi oleh mahasiswa. Instrumen yang digunakan sebagai pengumpulan data berupa lembar validasi e-modul untuk ahli materi dan angket mahasiswa. Instrumen ini harus divalidasi oleh ahli. Uji validitas e modul kimia meliputi uji kelayakan isi. Uji kelayakan dilakukan oleh ahli dalam bidang Pendidikan. Berikut rumusan untuk menguji kelayakan.

$$P = \frac{\sum X}{\sum X_i} \times 100\%$$

Keterangan:

P = persen kelayakan

$\sum X$ = total skor yang diperoleh

$\sum X_i$ = skor maksimal

Proses penilaian kelayakan e-modul menggunakan skala Likert. Para responden memberikan jawaban mereka pada skala 1 hingga 5. Kelayakan hasil pengembangan e-modul baik dari aspek materi maupun hasil respon mahasiswa dilakukan konversi nilai dari skor numerik ke dalam kategori kualitatif dengan mengikuti tabel acuan yang telah disediakan sebagai berikut

Tabel 1. Kriteria Penskoran Kelayakan Pengembangan (Arikunto, 2010)

Persen Hasil Penskoran (%)	Tingkat Kelayakan
81-100	Sangat layak
61-80	Layak
41-60	Cukup layak
21-40	Kurang layak
0-20	Tidak layak

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Susunan Bahan Ajar

Bahan ajar yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan salah satu panduan belajar yang disajikan dalam bentuk elektronik yang berisi tentang materi mekanika lagrange. Bahan ajar terdiri dari empat pertemuan sebanyak 54 halaman. Bagian pertemuan pertama terdiri atas Pengantar Mekanika Analitik, Mekanika Newton, Mekanika Lagrange, Mekanika Hamilton, Mekanika Persamaan Hamilton, dan Studi Kasus 1 . Bagian pertemuan kedua terdiri atas Persamaan Euler-Lagrange, Studi Kasus 2, Penyelesaian Problem Geodesic dan Brachistochrone, Persamaan Euler-Lagrange Lebih Dari Dua Variabel, Mekanika Lagrange, Persamaan Lagrange dan Persamaan Lagrange untuk Unconstrained Motion. Bagian pertemuan ketiga terdiri atas Satu Partikel dalam Dua Dimensi (Koordinat Kartesius), Satu Partikel dalam Dua Dimensi (Koordinat Polar), dan Constrained Sistem. Serta bagian pertemuan keempat terdiri atas Penerapan Mekanika Lagrange pada Pegas Pendulum.

Pengembangan e-modul Mekanika Lagrange ini bertujuan untuk memudahkan mahasiswa dalam memahami dan mengakses materi Mekanika Lagrange. Oleh karena itu, dalam e-modul ini berbasis penerapan sistem pegas pendulum dan akses materinya dipermudah dengan bantuan *flipbook*.

Hasil Uji Kelayakan

Kelayakan e-modul merupakan langkah ketiga dari metode 4D yaitu *Development* (pengembangan). Penilaian e-modul ini berupa angket kepada ahli materi dan mahasiswa. Data dan hasil yang diperoleh dari penilaian angket merupakan data kuantitatif berupa skoring yang kemudian diolah menggunakan skala Likert. Validasi ahli materi diperoleh dari hasil penilaian oleh salah satu dosen Departemen Pendidikan Fisika. Angket uji kelayakan pengembangan e-modul Mekanika Lagrange berbasis *flipbook* terdiri dari tiga komponen yaitu isi, kebahasaan, dan penyajian. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Hamsah (2023) yang mengembangkan e-modul yang dinilai dari kelayakan isi, penyajian, dan kebahasaan. Aspek kelayakan isi terdiri dari kelengkapan materi pembelajaran dengan urutan dan susunan yang sistematis, kesesuaian dengan kebutuhan bahan ajar, dan materi pada e-modul mudah dimengerti mahasiswa. Hal ini sejalan dengan pemikiran Sintamiati (2021) yang didapatkan hasil validasi pada aspek kelayakan isi diperoleh nilai sebesar 73% dengan kriteria "layak". Aspek kelayakan penyajian terdiri dari contoh soal dalam setiap materi belajar sesuai dengan materi, keruntutan materi dan konsep, pendukung penyajian materi pada modul (referensi), serta gambar yang disajikan berhubungan dan mendukung kejelasan materi sesuai dengan pernyataan Sutrisno (2018). Penyajian bahan ajar dengan cover yang menarik bertujuan membuat daya tarik untuk dibaca, gambar yang disajikan dalam e-modul bertujuan untuk memperjelas materi dan mempermudah dalam memahami materi, serta penggunaan *flipbook* memudahkan dalam mengakses e-modul Hasil validasi pada aspek kelayakan penyajian diperoleh nilai sebesar 80% dengan kriteria "layak". Aspek kelayakan kebahasaan meliputi bahasa yang digunakan mudah dipahami mahasiswa, kalimat yang digunakan untuk menjelaskan materi mudah dipahami, kalimat yang digunakan tidak menimbulkan makna ganda, kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar, serta bahasa yang digunakan sesuai dengan tingkat perkembangan berpikir mahasiswa. Hal ini dikarenakan, bahasa yang digunakan pada pengembangann e-modul mekanika lagrange berbasis sistem pegas pendulum sesuai dengan tingkat kemampuan mahasiswa sehingga mudah dipahami. Seperti penjelasan Sutrisno (2018) yang kemudian didapatkan hasil validasi pada aspek kelayakan bahasa diperoleh nilai sebesar 65% dengan kriteria "layak". Berdasarkan analisis data secara keseluruhan hasil uji kelayakan materi diperoleh kelayakan pengembangann e-modul Mekanika Lagrange berbasis *flipbook* sistem pegas pendulum sebesar 73% yang berada pada kriteria "layak". Hasil uji kelayakan pengembangann e-modul mekanika lagrange berbasis sistem pegas pendulum disajikan pada tabel berikut

Tabel 2. Hasil Analisis Kelayakan E-modul Mekanika Lagrange

No	Aspek	Skor (%)	Kriteria
1	Isi	73	Layak
2	Kebahasaan	65	Layak
3	Penyajian	80	Layak
	Rata-rata skor	73	Layak

Berbasis Flipbook Sistem Pegas Pendulum

Hasil respon mahasiswa terhadap bahan ajar

Respon mahasiswa terhadap e-modul mekanika lagrange, **dievaluasi melalui kuesioner** yang telah mereka isi, respon mahasiswa meliputi aspek bahasa, materi dan ketertarikan. Dari

keseluruhan menunjukkan bahwa e-modul Mekanika Lagrange dikategorikan “sangat layak” untuk digunakan. Indikator materi menunjukkan bahwa e-modul dapat membantu dalam memahami materi yang ada. Pada indikator penyajian pengembangan materi persamaan Lagrange pada sistem pegas pendulum membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep Mekanika Lagrange dengan lebih jelas dan penggunaan sampul, warna, gambar dapat menarik minat mahasiswa dalam mempelajari e modul tersebut. Kemudian dari indikator manfaat e-modul ini sangat bermanfaat bagi mahasiswa karena e-modul ini dapat digunakan sebagai salah satu sumber alternatif untuk materi Mekanika Lagrange dan kemudahan akses materi e-modul memungkinkan mahasiswa untuk belajar kapanpun dan dimanapun. Hasil respon mahasiswa dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Analisis Aspek Respon Mahasiswa terhadap Bahan Ajar

Indikator Respon Siswa	Skor (%)	Kriteria
Penyajian	84,5	Layak
Materi	84	Layak
Manfaat	86	Layak
Rata-rata	85	Sangat Layak

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa proses penelitian dan pengembangan pada sebuah E-modul Mekanika Lagrange yang berbasis *flipbook* hasil validasi oleh ahli materi adalah sebesar 73% yang dikategorikan “layak”. Hasil respon mahasiswa terhadap bahan ajar sebesar 85% yang dikategorikan “sangat layak”. Secara keseluruhan e-modul Mekanika Lagrange tervalidasi “layak digunakan dengan revisi” oleh ahli materi dan mahasiswa untuk digunakan dalam proses perkuliahan mata kuliah Mekanika Lagrange. Model penelitian 4D yang digunakan oleh Thiagarajan dalam pengembangan produk terdiri dari empat langkah pengembangan yaitu *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), *Development* (pengembangan) dan *Disseminate* (Penyebaran).

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. (2006). Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan. Jakarta: Bumi Aksara.
- Halifah, S. N., & Suasti, Y. (2023). Pengembangan Buku Saku Digital Pembelajaran Geografi Pada Materi Konsep Dasar Ilmu Geografi Menggunakan Aplikasi Canva dan Flipbook. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 23007-23013.
- Hamsah, A. N. (2023). Pengembangan Bahan Ajar IPA Terpadu Untuk SMP Materi Fotosintesis Di Kelas VIII. *Winaya*, 1(1), 24-32.
- Herawati, N. S., & Muhtadi, A. (2018). Pengembangan modul elektronik (e-modul) interaktif pada mata pelajaran Kimia kelas XI SMA. *Jurnal inovasi teknologi pendidikan*, 5(2), 180-191.
- Lukman & Ishartiwi. (2014). Pengembangan Bahan Ajar dengan Model Minde Map untuk Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial SMP. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 1 (2). 109- 121.
- Nurhayati, E., Andayani, Y., & Hakim, A. (2021). Pengembangan E-Modul Kimia Berbasis STEM Dengan Pendekatan Etnosains. *Chemistry Education Practice*, 4(2), 106-112
- Sintamiati, N. N. D., & Rati, N. W. (2021). Integrasi Kebudayaan Lokal Bali dalam Modul Peduli terhadap Makhhluk Hidup. *Jurnal Pendidikan Multikultural Indonesia*, 4(1), 1-12.
- Sutrisno. (2018). Pengembangan Modul Pembelajaran.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. In ERIC. Indiana: ERIC.

- Tim Penyusun. (2008). Penulisan Modul. Jakarta: Direktorat Tenaga Kependidikan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Pendidikan Departemen Pendidikan Nasional.
- Umaida, N. 2009. Studi Kesulitan Belajar dan Pemahaman Konsep Struktur Atom Pada Siswa SMA Negeri 8 Malang. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Wijayanto & Zuhri, M. (2014). Pengembangan e-modul berbasisi flip book maker dengan model project based learning untuk mengembangkan kemampuan pemecahan masalah matematika. Prosiding Mathematics and Science Forum 2014, di Universitas PGRI Semarang.