

## PENGEMBANGAN SET EKSPERIMEN KINEMATIKA BERBASIS MIKROKONTROLER

**Bambang Subali<sup>1</sup>, Agung Wibowo<sup>1</sup>, Sunarno<sup>1</sup>, dan Wawan Kurniawan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang

<sup>2</sup>Fakultas Pendidikan MIPA dan Teknologi Informasi Universitas PGRI Semarang

email: bambangfisika@mail.unnes.ac.id

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan set eksperimen kinematika *free fall motion* dan *projectil motion* berbasis mikrokontroler. Penelitian menggunakan rancangan penelitian R&D. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang dan Laboratorium Saintek Semarang. Tahap-tahap penelitian ini meliputi perancangan desain, pembuatan alat, uji validitas alat, pengambilan data, dan pengolahan data. Uji validitas dilakukan oleh seorang ahli fisika untuk melakukan validasi kelayakan alat dan diujikan ke mahasiswa fisika. Selanjutnya dilakukan uji skala terbatas dan uji skala besar. Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keterbacaan alat dan tingkat kelayakan alat. Penelitian ini menghasilkan set eksperimen berbasis mikrokontroler yang layak untuk percobaan gerak jatuh bebas dan gerak proyektil. Hasil pengukuran waktu oleh set eksperimen kinematika untuk gerak jatuh bebas dan gerak proyektil diperoleh tingkat akurasi yang lebih baik dari alat sebelumnya dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi.

**Kata kunci:** *set eksperimen, gerak jatuh bebas, mikrokontroler*

## DEVELOPING MICROCONTROLLER BASED KINEMATICAL EXPERIMENT SET

### Abstract

This study was aimed at developing two sets of kinematics experiment namely free fall motion and microcontroller based projectil motion. This study used an R & D research design. This research was conducted at the Physics Laboratory of Semarang State University and the Science Laboratory Semarang. The stages of this research included design design, tool making, tool validity testing, data retrieval and data processing. Validity test was done to validate the feasibility of the tool by an expert in physics and tested to physics students. A limited scale test and a large scale test were also be done in this study. These tests were conducted to determine the level of readability of the tool and the level of appropriateness of the equipment. This study produced a microcontroller-based experimental set that was feasible for free fall motion and projectile motion experiments. Time measurement results by the kinematics experiment set for free fall motion and projectile motion obtained a better level of accuracy than the previous tool and has a high accuracy level.

**Keywords:** *experiment set, free fall motion, microcontroller*

## PENDAHULUAN

Fisika merupakan bagian dari sains yang berkaitan dengan cara mencari tahu

tentang fenomena alam secara sistematis sehingga proses pembelajarannya bukan hanya sekedar penguasaan kumpulan

pengetahuan berupa fakta-fakta, konsep-konsep, atau prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan (Azizah, Indrawati, & Harijanto, 2014).

Pembelajaran fisika berbasis praktikum menjadi strategi pembelajaran yang sangat baik bagi mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan manipulatif, keterampilan *hands on*, dan *mind on*, karena mahasiswa ditantang untuk aktif dalam memecahkan masalah, berpikir kritis dan kreatif dalam mengungkap fakta, membangun konsep, dan menerapkan prinsip-prinsip agar menjadi lebih bermakna (Sukaesih, 2011). Praktikum ialah sarana yang terbaik dalam pembelajaran karena memberi kesempatan kepada siswa untuk melakukannya sendiri (Rustaman dkk., 2005).

Salah satu materi yang memerlukan adanya kegiatan praktikum adalah gerak jatuh bebas. Hal ini agar dapat menampilkan fenomena logis dan untuk menanamkan konsep. Untuk membuktikan teori peristiwa gerak jatuh bebas dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi sehingga nilai percepatan benda pada saat mengalami gerak jatuh bebas mendekati nilai percepatan gravitasi bumi, perlu dilakukan eksperimen gerak jatuh bebas (Dasriyani, Hufri, & Yohandri, 2016). Selain itu, pada gerak proyektil juga sama yaitu perlu adanya suatu praktikum karena pentingnya penguasaan konsep dasar terhadap gerak proyektil tersebut (Kurniawan, 2014, p. 166).

Kegiatan praktikum atau eksperimen sebagai sarana proses belajar mengajar membutuhkan perangkat yaitu alat praktikum sesuai dengan percobaan yang akan dilakukan. Alat atau instrumen laboratorium sebagai penunjang percobaan sering tidak dijumpai di sekolah-sekolah karena dana yang diperlukan untuk membeli dan merawat instrumen tersebut cukup mahal karena alat tersebut didatangkan dari luar negeri (Nisa, Pratiwi, Santosa, & Rahmawati, 2014).

Penelitian sebelumnya sudah banyak yang merancang media pembelajaran yang dikembangkan dan kebanyakan penelitian yang berkembang menggunakan media simulasi dan pengembangan set praktikum. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Dasriyani dkk. (2014) tentang pembuatan set eksperimen gerak jatuh bebas berbasis mikrokontroler dengan tampilan PC menghasilkan alat yang dapat melakukan perhitungan waktu secara otomatis dan memiliki ketepatan relatif rata-rata 98,3 % dengan kesalahan relatif rata-rata adalah 1,578% pada perhitungan terhadap nilai percepatan gravitasi. Namun alat tersebut hanya dapat digunakan untuk eksperimen gerak jatuh bebas.

Penelitian Ekasari, Suyatna, dan Sesunan (2014) yaitu pengembangan alat gerak jatuh bebas sebagai media pembelajaran konsep gerak jatuh bebas telah menghasilkan alat eksperimen untuk materi gerak jatuh bebas yang dapat mengukur waktu jatuh benda secara otomatis, memvariasikan ketinggian benda jatuh, pelepasan benda secara otomatis, dan dapat menyelidiki pengaruh massa benda terhadap waktu jatuh benda tersebut dengan memanfaatkan sensor suara. Kelemahan pada alat tersebut adalah penggunaan baterai yang relatif cepat habis sehingga harus selalu diganti. Selain itu, pada penelitian sebelumnya belum digunakan untuk pengembangan pembelajaran ataupun peningkatan proses dan hanya sebatas pengembangan alat.

Hasil observasi dari mahasiswa praktikan pada eksperimen fisika dasar Jurusan Fisika FMIPA UNNES bahwa data pengamatan yang diperoleh mayoritas mahasiswa saat praktikum kurang akurat terutama pada mesin *atwood*. Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis data terhadap nilai percepatan gravitasi yang tidak tepat atau jauh dari teori. Salah satu faktor utama

penyebab data tersebut kurang akurat adalah pengukuran waktu tempuh benda yang relatif cepat, tetapi hanya menggunakan *stopwatch* melalui pengamatan mata biasa. Faktor yang kedua yaitu bahwa pada mesin *atwood* terdapat faktor-faktor yang tidak diperhatikan dalam perhitungan seperti gesekan roda katrol pada poros, massa tali yang diabaikan, dan gesekan udara yang besar. Oleh karena itu, pada materi yang sama yaitu gerak lurus berubah beraturan dapat dilakukan dengan pengembangan alat praktikum yang lebih efektif dan efisien, serta dimungkinkan tidak terjadi beberapa kesalahan tersebut.

Berdasarkan observasi yang dilakukan pada mahasiswa masih banyak terjadi miskonsepsi tentang waktu tempuh benda gerak jatuh bebas dengan gerak jatuh setengah proyektil. Beberapa mahasiswa menyatakan bahwa benda yang jatuh bebas vertikal memiliki waktu lebih singkat dibanding dengan benda jatuh yang memiliki kecepatan awal arah horisontal. Hal ini mengindikasikan bahwa konsep gerak jatuh bebas dan gerak proyektil belum begitu dipahami.

Berdasarkan latar belakang inilah dirancang peralatan praktikum gerak jatuh bebas dan gerak proyektil dengan memanfaatkan sensor untuk mengukur besaran waktunya yang ditempuh pada gerak jatuh bebas dan gerak proyektil.

Dalam penelitian ini dibuat alat eksperimen yang mampu mengukur waktu jatuh benda secara otomatis dan akurat terkait gerak jatuh bebas dan gerak proyektil. Selain itu, keunggulan lain dari alat ini adalah dapat mengukur waktu jatuh benda secara otomatis dan akurat, dapat memvariasikan ketinggian jatuh benda, pelepasan benda jatuh yang meluncur secara proyektil terjadi bersamaan secara otomatis, dan dapat menentukan percepatan gravitasi bumi.

Alat ini menjadi solusi dibutuhkannya alat praktikum untuk menentukan nilai percepatan gravitasi secara akurat pada materi gerak jatuh bebas. Hal ini dikarenakan alat praktikum bekerja dengan pencacah waktu elektronik yaitu sistem mikrokontroler. Kegiatan praktikum yang dilengkapi dengan alat praktikum yang efisien diharapkan dapat membantu peserta didik untuk meningkatkan penguasaan konsep fisika.

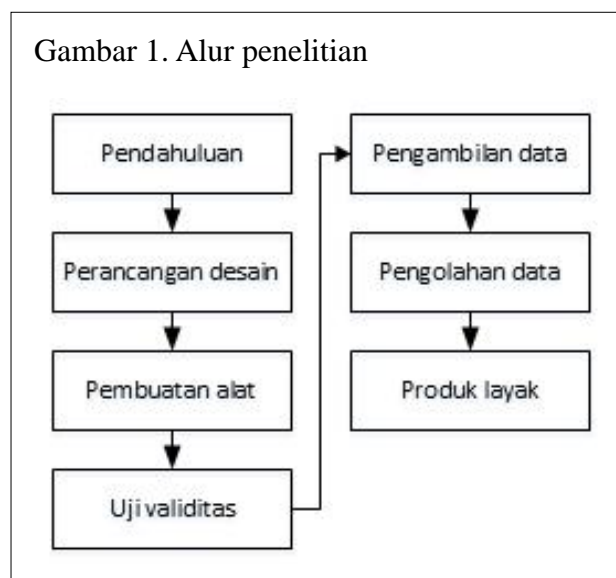
Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan set eksperimen kinematika *free fall motion* dan *projectil motion* berbasis mikrokontroler?

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode *research and development* atau penelitian dan pengembangan. Pengembangan yang dilakukan adalah pembuatan alat eksperimen gerak jatuh bebas dan proyektil berbasis mikrokontroler.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang dan Laboratorium Sintek Semarang. Tahap penelitian meliputi analisis pendahuluan, perancangan desain, pembuatan alat, uji validitas alat, pengambilan data, dan pengolahan data. Tahap penelitian disajikan pada Gambar 1.

Setelah selesai merancang desain alat praktikum, dilakukan pembuatan alat praktikum tersebut. Pembuatan alat praktikum dilakukan di laboratorium Sintek Semarang. Alat dibuat dan disesuaikan dengan desain perangkat yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Langkah selanjutnya yaitu melakukan uji validitas/kelayakan terhadap set alat praktikum tersebut. Subjek uji validitas penelitian dan pengembangan ini terdiri dari ahli desain sekaligus ahli materi untuk melakukan validasi kelayakan alat tersebut. Uji validitas dilakukan oleh seorang ahli dalam fisika. Uji coba ini dilakukan dengan tujuan



mengetahui tingkat kelayakan alat tersebut. Uji dilakukan terhadap mahasiswa fisika. Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keterbacaan alat dan tingkat kelayakan alat. Kelayakan alat didasarkan pada aspek nilai ekonomis, ketepatan dan ketelitian, kekuatan dan kekokohan, serta kepraktisan (Direktorat Jenderal Pendidikan Menengah, 2011). Uji kelayakan modul/buku manual meliputi aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan grafis, dan kelayakan kebahasaan.

#### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian *R&D* yang melibatkan metode deskriptif evaluatif. Penelitian Pujianto, Astono, Rosana, dan Purwanta (2012) menjelaskan bahwa metode penelitian deskriptif digunakan dalam tahap awal penelitian untuk menghimpun data mengenai kondisi yang ada. Metode penelitian evaluatif, digunakan untuk mengevaluasi proses pengembangan produk.

Hasil yang pertama dari penelitian ini yaitu telah dikembangkannya desain alat praktikum gerak jatuh bebas dan gerak proyektil. Desain sistem alat ini terlihat

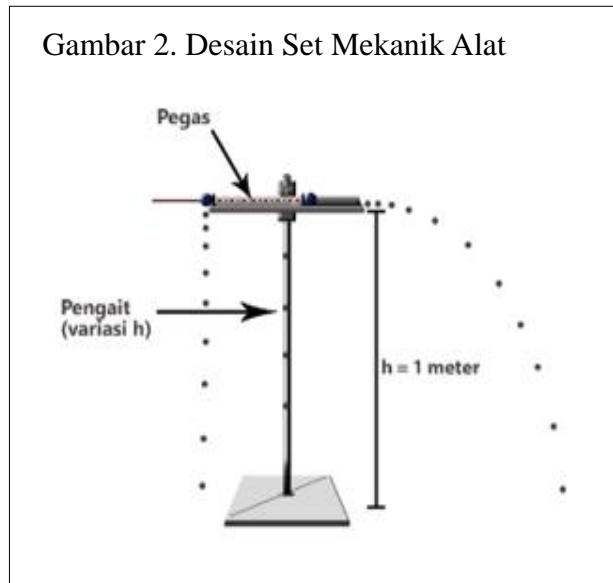
pada Gambar 2. Pengembangan perangkat alat praktikum gerak jatuh bebas dan gerak proyektil berbasis mikrokontroler seperti Gambar 3. Perangkat praktikum terdiri dari dua komponen utama yaitu mekanik dan elektronik.

Berdasarkan Gambar 2 dan 3, set eksperimen gerak jatuh bebas dan proyektil terdiri dari tiang statif, klem penyangga, tabung pelontar, dan komponen utama elektronik. Pada bagian dasar terdapat sensor limit *switch* yang berguna untuk menghentikan penghitung waktu secara otomatis ketika objek yang dijatuhkan tepat sampai pada dasar.

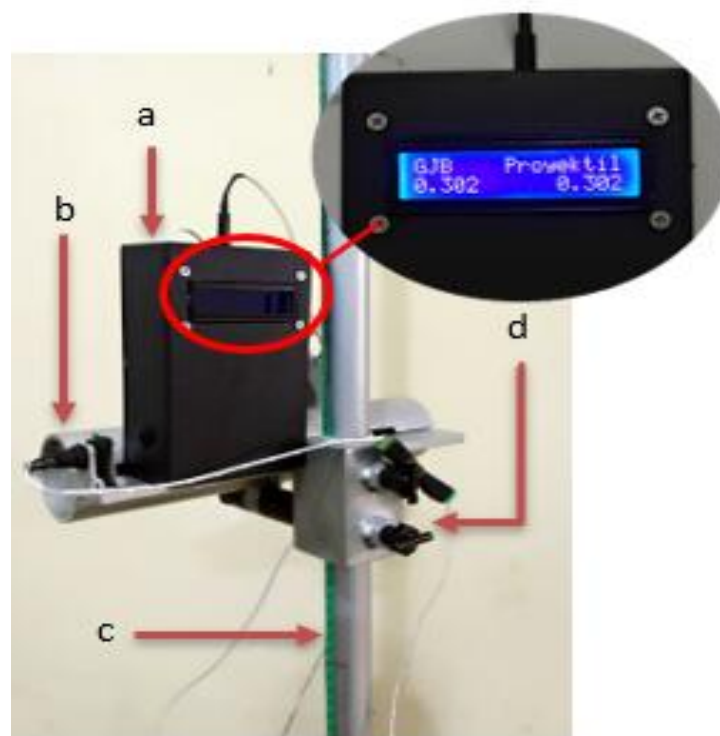
Berikut adalah deskripsi dari set alat praktikum gerak jatuh bebas dan gerak proyektil berbasis mikrokontroler:

Tiang statif yang terdiri dari beberapa bagian, yaitu kaki statif, badan statif, dan skala ketinggian. Tiang statif ini berfungsi untuk menyangga bagian utama dari tabung pelontar dan digunakan untuk memvariasi ketinggian saat percobaan. Tiang statif ini memiliki dimensi tinggi 2 meter dan berdiameter 3 cm, serta memiliki massa 15 kg. Tiang statif ini terbuat dari besi dan sudah terlapisi oleh *chrome* warna

Gambar 2. Desain Set Mekanik Alat



Gambar 3. Set Alat Praktikum



Keterangan: alat meliputi (a) komponen elektronik (*box LCD*) merupakan bagian prosesor utama alat dan berfungsi sebagai mesin pengukur waktu secara otomatis; (b) tabung pelontar merupakan bagian yang digunakan sebagai tempat untuk melemparkan bola sehingga dapat menempuh gerak parabolik; (c) tiang statif dan skala ketinggian, bagian yang digunakan untuk mengukur ketinggian bola dan sebagai tiang utama; (d) klem penyangga, bagian penopang tabung pelontar.

perak. Pada statif terdapat skala ketinggian yang berfungsi mempermudah mengukur parameter ketinggian.

Pada badan statif terdapat klem penyangga yang berfungsi untuk menyangga tabung pelontar. Klem penyangga memiliki dimensi tinggi 10 cm dan panjang 15 cm, serta memiliki lubang di tengahnya dengan diameter 3 cm. Klem penyangga ini dapat digunakan untuk memvariasi ketinggian bola jatuh saat kegiatan praktikum.

Pada klem penyangga dipasang tabung pelontar yang berfungsi untuk menjatuhkan bola dan mendorong bola pada arah horisontal secara bersamaan. Tabung pelontar memiliki dimensi panjang 30 cm dan berdiameter 5 cm. Pada bagian ujung tabung pelontar terdapat saklar yang terhubung ke komponen elektronik. Pada bagian atas dari tabung ini terdapat tiga lubang kecil untuk tempat pengunci yang dapat divariasikan berdasarkan lubang-lubang tersebut. Semakin jauh dari ujung tabung maka kecepatan bola yang dilontarkan pada arah horisontal akan semakin besar. Hal ini disebabkan pegas yang terdapat di dalam tabung tersebut tertekan lebih jauh sehingga menyebabkan gaya pulih yang lebih besar.

Bagian ujung tabung ini terdapat tombol saklar *push button*, saklar *push button* ini berfungsi untuk menghidupkan mesin pencacah pada *box* elektronik. Mesin pencacah tersebut yang akan mencatat waktu selama bola bergerak jatuh sampai ke tanah. Di dalam *box* elektronik ini terdapat rangkaian elektronik mikrokontroler yang dapat mencacah waktu secara otomatis sebagai ganti dari *stopwatch* dan dapat menampilkan hasilnya pada LCD 2x16. Pada penelitian ini alat ini dibatasi hanya pada pengembangan desain set alat praktik beserta modulnya. Oleh karena itu, penelitian ini tidak membahas sistem mikrokontroler lebih lanjut.

*Box* komponen elektronika memiliki dimensi panjang 15 cm, lebar 10 cm, serta tinggi 5 cm. Pada bagian *box* terdapat: layar LCD 2x16 karakter; tiga terminal yaitu terminal ke sumber tegangan dan dua terminal yang terhubung ke sensor; dan satu tombol yaitu tombol *on/off*. Komponen elektronika ini dapat bekerja pada sumber tegangan 5 volt. Oleh karena itu, set eksperimen juga dilengkapi dengan adaptor sumber tegangan 5 volt.

Sebelum dilakukan uji coba yang luas, dilakukan uji empiris terlebih dahulu. Uji empiris dilakukan untuk mengetahui alat dapat menentukan besaran-besaran fisis yang terkait secara tepat dan mendekati teori atau tidak. Uji empiris ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap kalibrasi parameter waktu dan tahap perhitungan nilai percepatan gravitasi. Hasil uji kalibrasi yang pertama dibandingkan dengan alat pembanding *stopwatch* SNI dan mendapatkan hasil yang tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Berdasarkan hasil uji empiris untuk perhitungan nilai percepatan gravitasi, diperoleh data pengamatan yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1  
*Hasil Data Percobaan Uji Kalibrasi*

h (m)	t rata-rata	t <sup>2</sup>
0,33	0,255	0,065
0,43	0,294	0,086
0,55	0,326	0,106
0,96	0,442	0,195
1,32	0,512	0,262
1,47	0,558	0,312

Ketepatan set eksperimen gerak jatuh bebas diperoleh dengan cara membandingkan hasil perhitungan nilai percepatan gravitasi dengan nilai percepatan gravitasi menurut teori. Berdasarkan Tabel 1 hasil perhitungan nilai percepatan gravitasi

sebesar  $9,97m/s^2$  sehingga didapatkan ketepatan alat yaitu sebesar 98,30%. Hal ini menunjukkan set eksperimen gerak jatuh bebas memiliki ketepatan yang tinggi terkait pengukuran waktu untuk perhitungan nilai percepatan gravitasi.

Ketelitian pengukuran ini diperoleh dengan cara melakukan pengukuran secara berulang pada masing-masing variasi ketinggian. Setiap variasi ketinggian dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali. Hasil pengukuran tersebut dilakukan perhitungan nilai percepatan gravitasi. Berdasarkan data perhitungan dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, persentase simpangan, dan ketelitian. Ketelitian pengukuran waktu oleh alat praktikum gerak jatuh bebas memiliki ketelitian yang tinggi. Ketelitian rata-rata untuk enam variasi ketinggian adalah 99,99%.

Tahap selanjutnya yaitu melakukan uji validasi alat praktikum beserta modulnya. Uji validitas/kelayakan alat praktikum dilakukan oleh seorang validator ahli. Uji kelayakan alat praktikum meliputi aspek nilai ekonomis, kepraktisan alat, ketepatan dan ketelitian, dan tingkat daya tahan alat.

Aspek validasi alat praktikum sesuai pada Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas (2011) dan disesuaikan dengan alat praktikum gerak jatuh bebas dan proyektil. Hasil uji kelayakan oleh validator ahli diperoleh hasil seperti pada Tabel 2.

Hasil utama dari penelitian pengembangan ini adalah sebuah media pembelajaran berupa alat eksperimen untuk materi Gerak Jatuh Bebas dan gerak parabola yang dapat mengukur waktu jatuh benda secara otomatis, memvariasikan ketinggian benda jatuh, pelepasan benda secara otomatis, dan dapat menyelidiki pengaruh massa benda terhadap waktu jatuh benda tersebut dengan memanfaatkan sensor. Alat ini juga dilengkapi dengan modul praktikum sebagai panduan untuk melakukan percobaan dalam menggunakan alat tersebut.

Hasil validasi alat praktikum gerak jatuh bebas dan gerak proyektil termasuk dalam kriteria sangat layak sebagai penunjang praktikum dengan prosentase keseluruhan 93,75%. Hal ini dapat dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki tujuan sama. Penelitian Dasriyani dkk. (2014) tentang pembuatan set eksperimen gerak jatuh bebas berbasis mikrokontroler dengan tampilan PC menghasilkan alat yang dapat melakukan perhitungan waktu secara otomatis dan memiliki ketepatan relatif rata-rata 98,30% dengan kesalahan relatif rata-rata adalah 1,70% pada perhitungan terhadap nilai percepatan gravitasi. Kedua penelitian ini memiliki ketegori persentase yg sama yaitu memenuhi kategori sangat layak. Namun, pada penelitian tersebut hanya dapat digunakan untuk eksperimen gerak jatuh

Tabel 2  
*Hasil Uji Kelayakan*

No	Aspek Penilaian	Persentase (%)	Keterangan
1	Nilai ekonomis	100	Sangat Layak
2	Ketepatan dan ketelitian	100	Sangat Layak
3	Kuat dan kokoh	100	Sangat Layak
4	Kepraktisan	75	Layak
Total		93,75	Sangat Layak



bebas saja, sedangkan penelitian ini juga dapat menerapkan materi gerak proyektil.

Keunggulan lain penelitian ini dibandingkan penelitian lainnya yaitu alat eksperimen yang mampu mengukur waktu jatuh benda secara otomatis dan akurat terkait gerak jatuh bebas dan gerak proyektil. Alat ini dapat mengukur waktu jatuh benda secara otomatis dan akurat, dapat memvariasikan ketinggian jatuh benda, pelepasan benda jatuh dan meluncur secara proyektil terjadi bersamaan secara otomatis. Disamping itu juga dapat menyelidiki pengaruh massa benda terhadap waktu jatuh benda serta dapat menentukan percepatan gravitasi bumi.

Penelitian Kurniawan (2014, pp. 166-170), yaitu pengembangan alat peraga gerak proyektil untuk mempelajari percepatan gravitasi bumi telah berhasil mengembangkan alat peraga gerak proyektil berbasis komputer. Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa data percobaan gerak proyektil dapat digunakan untuk mencari percepatan gravitasi bumi. Tetapi penelitian tersebut hanya dapat digunakan untuk praktikum gerak proyektil dan tidak dapat digunakan untuk gerak jatuh bebas. Hasil dari penelitian ini yaitu dapat digunakan untuk praktikum baik gerak jatuh bebas maupun gerak setengah proyektil.

Alat praktikum gerak jatuh bebas dan gerak proyektil juga disertai dengan buku manual yang di dalamnya berisi informasi keselamatan, peringatan, tentang gerak jatuh bebas dan cara pengoperasiannya, cara menghitung nilai percepatan gravitasi, pemeliharaan, dan petunjuk praktikum. Buku manual ini sebagai penunjang dan berisi berbagai informasi mengenai alat praktikum dan prosedur praktikum gerak jatuh bebas. Selain itu, pada bagian petunjuk praktikum disusun pedoman untuk meningkatkan keterampilan proses sains bagi pengguna dalam kegiatan praktikum gerak jatuh bebas.

Buku manual terdiri dari dua bagian utama. Bagian *pertama* berisi pengenalan tentang alat praktikum, mulai dari informasi keselamatan sampai pemeliharaan alat. Bagian *kedua* berisi petunjuk praktikum gerak jatuh bebas. Pada penelitian pengembangan buku petunjuk praktikum disusun berdasarkan langkah-langkah berikut. *Pertama*, disusun urutan tahap dari isi petunjuk praktikum. *Kedua*, menjelaskan isi dari tiap tahap dalam petunjuk praktikum tersebut (melalui tujuan, kajian teori, prosedur kerja, dan sumber pustaka). Hal tersebut sesuai dengan pendapat Susilowati dan Hastuti (2013).

Karakteristik buku manual yang dikembangkan menonjolkan pada informasi mengenai alat praktikum gerak jatuh bebas, karena alat ini bisa dibilang “baru” bagi peserta didik. Informasi yang lengkap mengenai alat dapat membuat peserta didik lebih mengenal alat praktikum sebelum melakukan praktikum. Informasi tersebut meliputi, informasi keselamatan, peringatan penggunaan, karena alat ini menggunakan bantuan listrik sehingga hal ini perlu diperhatikan. Selanjutnya mengenal alat praktikum gerak jatuh bebas, mulai dari desain alat, bagian-bagian alat, cara merakit alat sampai cara mengoperasikannya. Kemudian proses perhitungan nilai percepatan gravitasi usai mendapatkan data pengamatan saat praktikum yang disertai dengan penjelasan lengkap. Selain itu, ada cara pemeliharaan alat, mulai dari cara membersihkan sampai cara menyimpan alat.

Bagian yang *kedua* adalah petunjuk praktikum. Petunjuk praktikum gerak jatuh bebas menyajikan tujuan praktikum yang telah disesuaikan dengan deskripsi mata kuliah Fisika Dasar 1 terutama pada materi mesin *atwood*. Tujuan praktikum ini mengarahkan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan proses sains pada aspek merumuskan hipotesis



berkaitan dengan hasil percobaan yang akan diperoleh.

Petunjuk praktikum terdiri dari judul praktikum, tujuan, teori, alat dan bahan, langkah praktikum, hipotesis percobaan, data pengamatan, analisis data, kolom analisis dan pembahasan, kolom simpulan, dan kolom saran untuk praktikum. Pada bagian alat bahan dan langkah percobaan dibuat jelas dan disertai sketsa gambar agar memudahkan peserta didik. Pernyataan hipotesis disajikan untuk merangsang siswa agar dapat menduga yang akan terjadi saat praktikum berdasarkan pengetahuan mereka, disusun berdasarkan keterampilan proses sains, dan dilengkapi dengan data pengamatan dan analisis data berbentuk tabel untuk membimbing peserta dalam praktikum, serta dilengkapi pula dengan kolom pembahasan, simpulan, dan saran.

Validasi atau uji kelayakan buku manual dilakukan oleh seorang validator ahli. Tujuan validasi adalah untuk memperoleh masukan dan justifikasi dari ahli terkait kebenaran materi dan strategi penyajian materi (Suyoso & Nurohman, 2014). Uji kelayakan buku manual meliputi aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan grafis, dan kelayakan kebahasaan. Penilaian kelayakan pada bahan ajar IPA Terpadu berbasis Literasi Sains bertema Aplikasi Konsep Energi dalam Kehidupan menggunakan angket yang terdiri dari 5 aspek kelayakan, yaitu kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan bahasa, kelayakan grafis, dan kelayakan muatan literasi sains (Cristina, Rusilowati, dan Sunarno (2016). Berdasarkan hasil uji kelayakan modul praktikum diperoleh hasil pada aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan grafis, dan kelayakan kebahasaan masing-masing sebesar 100% dengan kriteria sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa buku modul praktikum memuat materi yang lengkap, runtut,

penyajian yang rapi, tampilan menarik, serta menggunakan tata bahasa yang baik.

Buku modul praktikum yang dikembangkan ini memiliki banyak inovasi. Inovasi *pertama* yaitu buku modul ini telah disesuaikan dengan aspek-aspek keterampilan proses sains di antaranya adalah aspek mengamati, merumuskan hipotesis, melakukan percobaan, interpretasi data, menerapkan konsep, dan mengkomunikasikan. Inovasi *kedua* yaitu buku modul memuat informasi mengenai manual alat di antaranya adalah bagian-bagian alat beserta fungsi dan gambarnya, informasi keselamatan, langkah kerja, perawatan alat, dan grafis buku modul dibuat tema modern sehingga menarik praktikan.

Alat yang hampir serupa juga digunakan pada penelitian Subali, Rusdiana, Firman, Kaniawati, dan Ellianawati (2017, p. 41-48), alat tersebut dapat diterapkan pada eksperimen fisika secara efisien dan mampu untuk meningkatkan kemampuan peserta didik dalam membaca grafik. Oleh karena itu, alat ini diharapkan dapat digunakan secara efektif dalam kegiatan pembelajaran fisika.

## SIMPULAN

Telah berhasil dikembangkan alat praktikum gerak jatuh bebas dan gerak proyektil berbasis mikrokontroler beserta buku modul praktikumnya. Karakteristik alat praktikum yang dihasilkan dapat menentukan parameter waktu secara akurat pada percobaan gerak jatuh bebas dan gerak proyektil secara bersama dengan visualiasi hasil perhitungan melalui PC atau notebook. Isi buku modul merupakan panduan percobaan gerak jatuh bebas dan proyektil serta tata cara menginstall program pendukung percobaan.

Ahli menyatakan bahwa alat dan buku modul layak untuk diujicobakan. Alat praktikum yang dihasilkan memiliki

ketepatan/akurasi sebesar 98,30% dan memiliki ketelitian sebesar 99,99%. Alat ini dapat digunakan secara efektif dalam kegiatan pembelajaran fisika sehingga mendukung peningkatan kualitas proses dan hasil pembelajaran fisika. Melalui alat praktikum yang dihasilkan ini, maka mahasiswa mampu membuktikan secara empiris bahwa untuk waktu yang diperlukan benda untuk gerak jatuh bebas pada ketinggian yang sama adalah sama. Alat ini dapat mengurangi miskonsepsi dalam materi kinematika gerak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, N., Indrawati, & A. Harijanto. (2014). Penerapan model inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan proses sains dan hasil belajar fisika siswa kelas X.C di MAN 2 Jember tahun ajaran 2013/2014. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(3), 235.
- Cristina, A., A. Rusilowati, & Sunarno. (2016). Pengembangan bahan ajar ipa terpadu berbasis literasi sains bertema aplikasi konsep energi dalam kehidupan. *Unnes Physics Education Journal*, 5(1), 35-41.
- Dasriyani, Y., Hufri, H., & Yohandri, Y. (2016). Pembuatan set eksperimen gerak jatuh bebas berbasis mikrokontroler dengan tampilan PC. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(1), 84-95.
- Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. (2011). *Pedoman pembuatan alat peraga fisika*. Jakarta.
- Ekasari, D., Suyatna, A., & Sesunan, F. (2014). Pengembangan alat gerak jatuh bebas sebagai media pembelajaran konsep gerak jatuh bebas. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(3), 113-123.
- Kurniawan, W. (2014, Juni). *Pengembangan alat peraga gerak proyektil untuk mempe-lajari percepatan gravitasi bumi*. Dipresentasikan pada Semnas Entrepreneurship. Universitas PGRI Semarang, Semarang.
- Nisa, C., Pratiwi, N. W., Santosa, A., & Rahmawati, E. (2014). Perancangan instrumentasi pengukur waktu dan kecepatan menggunakan *dt-sense infrared proximity detector* untuk pembelajaran gerak lurus beraturan. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 4(1), 36-41.
- Pujianto, Astono, J., Rosana, D., & Purwanta, S. A. (2012). Rancang bangun teknologi multifunction equipment bagi penyandang tuna netra dan tuna rungu dalam praktikum sains realistik. *Jurnal Kependidikan*, 42(2), 187-194.
- Rustaman, N., Dirdjosoemarto, S., Yudianto, S. A., Achmad, Y., Subekti, R., Rochintaniawati, D., & dkk. (2005). *Strategu belajar mengajar biologi*. Malang: UM Press.
- Subali, B., Rusdiana, D., Firman, H., Kaniawati, I., & Ellianawati. (2017). Computer-based experiment of free fall movement to improve the graphical literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1), 41-48.
- Sukaesih, S. (2011). Analisis sikap ilmiah dan tanggapan mahasiswa terhadap penerapan model pembelajaran berbasis praktikum. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 28(1), 77.
- Susilowati, S., & Hastuti, P. W. (2013). Pengembangan petunjuk praktikum pendidikan IPA berbasis pedagogy content knowledge mahasiswa calon guru. *Jurnal Kependidikan*, 43(2), 144-153.
- Suyoso, & Nurohman, S. (2014). Pengembangan modul elektronik berbasis web sebagai media pembelajaran fisika. *Jurnal Kependidikan*, 44(1), 73-82.