

BAB IV

HASIL PENGEMBANGAN DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Pengembangan

Penelitian pengembangan menghasilkan produk alat praktikum berbasis Arduino Uno. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Jambi. Setelah produk alat praktikum selesai dan sesuai yang dikembangkan, dilakukan validasi ahli materi dan ahli media. Pengembangan alat praktikum ini menggunakan model 4D yang terdiri *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Namun pada penelitian ini hanya dilakukan sebatas tahap *develop*. Adapun ketiga tahapan tersebut dijelaskan pada uraian berikut.

1.1.1 Define (Pendefinisian)

Tahap pendefinisian ini bertujuan untuk menjadi penentu dan mendefinisikan kebutuhan mahasiswa pada saat praktikum serta mengumpulkan beragam informasi yang berhubungan dengan produk yang akan dikembangkan. Hasil yang diperoleh dari tahap pendefinisian ini berupa analisis awal, analisis mahasiswa, analisis tugas, analisis konsep, dan analisis tujuan pembelajaran adalah lima analisis yang harus dilakukan

1. Analisis awal akhir

Tujuan dari analisis awal yaitu menentukan masalah dasar yang diperlukan dalam pengembangan alat praktikum. Berdasarkan analisis awal diperoleh gambaran permasalahan dan solusi dalam menyelesaikan masalah yang ditentukan. Hal demikian dapat digunakan untuk mempermudah dalam pengembangan alat praktikum. Dalam analisis kebutuhan disebarkan angket kebutuhan mahasiswa terhadap alat praktikum.

Berdasarkan hasil sebaran angket kebutuhan terdapat permasalahan alat praktikum yang digunakan masih terbatas dan masih menghitung dengan manual sehingga kurang efisien waktu. Oleh, karena itu, dibutuhkan alat praktikum di Laboratorium Fisika Universitas Jambi dengan ketelitian yang lebih tinggi dan bisa memudahkan mahasiswa dalam melaksanakan praktikum. Alat yang dikembangkan menggunakan teknologi berupa Arduino Uno yang berfungsi sebagai pengendali program alat.

b. Analisis mahasiswa

Pada tahap ini, diperoleh informasi dari penelitian awal bahwa alat praktikum gerak lurus berubah beraturan sudah ada di laboratorium fisika namun masih menggunakan manual. Sementara hasil analisis menunjukkan bahwa pengembangan alat praktikum gerak lurus berubah beraturan sangat mendukung proses pembelajaran fisika. Alat praktikum yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi media pembelajaran tambahan bagi mahasiswa untuk meningkatkan peningkatan pengetahuan dan menjadi sarana bagi dosen untuk mendukung proses pembelajaran yang efektif.

a. Analisis konsep

Pada tahap ini, peneliti melakukan observasi terhadap mahasiswa untuk mengidentifikasi konsep utama yang diajarkan, serta memeriksa dengan teliti konsep-konsep yang perlu diajarkan. Pada tahap ini, materi telah dirancang dan disusun secara sistematis sesuai dengan rancangan pembelajaran mahasiswa (RPS).

b. Analisis tugas

Pada tahap ini, peneliti menguraikan dengan lebih teliti isi materi ajar berdasarkan rancangan pembelajaran mahasiswa (RPS) yang digunakan pada satuan pendidikan tingkat mahasiswa. Materi yang digunakan peneliti adalah materi gerak lurus berubah beraturan.

1.1.2 Tahap Desain (*Design*)

Tahap selanjutnya yaitu tahap *design* atau tahap perancangan, pada tahap ini peneliti mulai melakukan perancangan. Rancangan ini masih berupa konsep ataupun gambaran sebagai dasar pengembangan dan akan disesuaikan kembali ketika masuk pada tahap pengembangan berikutnya. Adapun tahap-tahapannya yaitu, sebagai berikut:

a. Perancangan Sistem

Langkah awal dalam melakukan perancangan sistem alat yaitu membuat rangkaian seperti gambar 3.1. pada pembuatan rangkaian bertujuan untuk menentukan letak sistem yang akan dibuat dan juga untuk meminimalisir dana yang akan digunakan. Selanjutnya dilakukan pembentukan skema sesuai dengan letak yang telah ditentukan sehingga komponen-komponen yang digunakan bisa terhubung dengan baik.

b. Perancangan Mekanik

Pada pembuatan alat praktikum langkah awal yang dilakukan dengan melakukan desain dan ukuran alat sebagai acuan dalam pembuatan alat praktikum. Desain alat dan ukuran alat dapat dilihat pada gambar 3.2. Namun, ketika melakukan pembuatan alat tidak sesuai dengan desain yang telah dibuat sebelumnya dikarenakan terdapat banyak kendala dalam penyusunan komponen.

Dalam pembuatan alat ini menggunakan bidang miring sebagai lintasan benda bergerak. Setelah pembuatan mekanik maka langkah selanjutnya merangkai komponen-komponen yang akan digunakan seperti Arduino Uno dan sensor *infra red* menggunakan kabel jumper.

c. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras alat praktikum Gerak lurus berubah beraturan berbasis Arduino Uno dapat dilihat pada gambar 3.3. Perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan alat praktikum ini terdiri dari beberapa komponen utama.

Perangkat atau komponen yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Arduino Uno

Arduino uno adalah jenis papan pengembangan elektronik menggunakan mikrokontroler ATmega328P. Mikrokontroler adalah sebuah chip yang mengintegrasikan input dan output yang diperlukan untuk menjalankan program dan mengendalikan perangkat elektronik. Arduino uno dilengkapi dengan sejumlah pin input/output(I/O). Totalnya terdapat 14 pin digital, diantaranya 6 pin yang digunakan sebagai output PWM (*Pulse Width Modulation*), serta 6 pin analog untuk membaca

nilai tegangan analog. Selain itu, terdapat juga beberapa pin khusus seperti pin untuk komunikasi serial dan pin untuk mengatur *timer* dan *interrupt*. Pengaturan daya Arduino Uno dapat dihubungkan melalui adaptor eksternal. Pada saat dihubungkan melalui USB, Arduino Uno juga dapat secara otomatis mendeteksi dan menggunakan daya dari sumber tersebut.

2. Sensor *Infrared*

Sensor *Infrared* adalah sensor yang menggunakan sensor inframerah untuk mendeteksi objek disekitarnya. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa objek menghasilkan dan memancarkan sinar inframerah dalam bentuk panas. Sensor *Infrared* biasanya terdiri dari dua komponen utama, yaitu *emitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima). *Emitter* menghasilkan sinar inframerah yang tidak terlihat oleh mata manusia. Pada umumnya, *emitter* menggunakan diode inframerah sebagai sumbernya. *Receiver* pada sensor inframerah berfungsi untuk mendeteksi sinar inframerah yang dipantulkan oleh objek. *Receiver* biasanya menggunakan fotodiode inframerah yang peka terhadap sinar inframerah.

3. Bread Board

Papan *Bread Board* adalah perangkat yang digunakan untuk merangkai rangkaian elektronik. Biasanya terbuat dari plastic jalur logam paraler yang berjalan sepanjang papan dan lubang di atasnya digunakan untuk memasukkan kaki-kaki komponen elektronik seperti resistir, transistor, kabel jumper, dan lain-lain. Jalur logam yang terhubung secara parallel memungkinkan aliran listrik melalui komponen yang dihubungkan ke lubang-lubang tersebut.

4. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah jenis kabel pendek yang digunakan dalam elektronika dan pemrograman untuk menghubungkan komponen-komponen elektronik. Kabel jumper sering digunakan bersama *bread board* atau papan pengembangan seperti Arduino Uno. Kabel jumper biasanya memiliki Panjang yang relatif pendek, antara beberapa sentimeter hingga beberapa puluh sentimeter. Pada setiap ujungnya, kabel jumper dilengkapi dengan konektor yang sering kali berupa pin yang bisa disematkan kedalam lubang-lubang pada *bread board* atau *pin-header* pada papan pengembangan seperti Arduino Uno.

Adapun konfigurasi tiap komponen ke Arduino Uno adalah sebagai berikut:

1. Pin GND pada sensor *infrared* terhubung ke pin GND pada Arduino Uno melalui papan *bread board*,
2. Pin VCC pada sensor *infrared* terhubung ke pin 5v pada Arduino Uno melalui papan *bread board*,
3. Pin out pada sensor 1 terhubung ke pin 2 digital pada Arduino Uno,
4. Pin out pada sensor 2 terhubung ke pin 3 digital pada Arduino Uno,
5. Pin out pada sensor 3 terhubung ke pin 4 digital pada Arduino Uno
6. Pin out pada sensor 4 terhubung ke pin 5 digital pada Arduino Uno
7. Pin out pada sensor 6 terhubung ke pin 6 digital pada Arduino Uno
- d. Perancangan *Software* Sistem

Langkah awal dalam melakukan perancangan sistem pada pembuatan alat praktikum Gerak lurus berubah beraturan Berbasis Arduino Uno adalah dengan membuat sketch yang akan digunakan pada Arduino IDE. Sketch Arduino IDE dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini

1.1.3 Tahap Development

- a. Pembuatan Alat

- ## 1. Hasil pengujian

hasil pembacaan sensor dengan menghitung dengan teori yang biasa dilakukan sebagai acuan dalam mengukur kecepatan benda yang ada di Laboratorium FKIP Pendidikan Fisika Universitas Jambi. Hasil pengujian dari sensor *Infrared* ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Alat Praktikum Terhadap kecepatan

Jarak (m)	Teori (m/s)	Praktikum (m/s)	<i>error</i>	Persentase
0,2	0,25 m/s	$0,26 \pm 0,0058$	0,01	3,84%
0,4	0,58 m/s	$0,59 \pm 0,0062$	0,01	1,69%
0,6	0,93 m/s	$0,95 \pm 0,0062$	0,02	2,10%
0,8	1,24 m/s	$1,26 \pm 0,0067$	0,02	1,61%
1	1,58 m/s	$1,60 \pm 0,0087$	0,02	1,26%

Pada tabel 4.1 merupakan hasil dari pengujian alat praktikum terhadap teori sehingga diperoleh persentase ketidakpastian alat praktikum dengan teori pada jarak 0,2 m sebesar 0,77%, persentase ketidakpastian alat praktikum dengan teori pada jarak 0,4 m sebesar 2,21%, persentase ketidakpastian alat praktikum dengan teori pada jarak 0,6 m sebesar 1,28%, persentase ketidakpastian alat praktikum dengan teori pada jarak 0,8 m sebesar 1,20%, persentase ketidakpastian alat praktikum dengan teori pada jarak 1 m sebesar 1,02%,

1.) Validasi Ahli Materi dan Ahli Media

Tujuan validasi ahli materi dan ahli media yaitu untuk mengetahui kebaikan produk yang dikembangkan. Validator pada proses validasi sebanyak 3 orang. Tujuan dilakukan validasi adalah untuk mengetahui tingkat kebaikan alat praktikum yang telah dibuat. Validator akan melakukan penilaian terhadap produk yang sudah baik atau masih revisi. Saran dan komentar setiap validator akan dijadikan sebagai bahan untuk

melakukan perbaikan pada produk melalui angket penilaian ahli media dan ahli materi yang telah disediakan.

a. Validasi ahli materi

Peneliti memperlihatkan hasil produk yang dikembangkan kepada validator ahli materi untuk dilakukan penilaian. Berdasarkan hasil evaluasi diperoleh hasil dan komentar/saran penilaian terhadap alat praktikum yang dikembangkan.

1. Validasi materi tahap I

Validasi materi tahap I dari produk yang dikembangkan memperoleh hasil yang dapat dilihat pada table 4.3 berikut:

Tabel 4.3: Hasil Validasi Ahli Materi Tahap I Oleh Validator I

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator I)
Kesesuaian isi	Relevansi materi pada alat praktikum dengan CPMK	3
	Alat praktikum dapat membantu memvisualisasikan materi dalam pembelajaran	3
Kesesuaian konsep	Alat praktikum dapat menunjukkan beberapa kecepatan dalam materi Gerak Lurus Berubah Beraturan	4
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan sudut dengan kecepatan yang dihasilkan	3
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan antara sudut dan waktu tempuh	3
	Mahasiswa dapat menghitung nilai percepatan dari alat yang digunakan	2
Jumlah		18
Nilai Maksimum		30
Rata-rata Presentase		60%
Kategori		Baik

Tabel 4.4: Hasil Validasi Ahli Materi Tahap I Oleh Validator II

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator I)
Kesesuaian isi	Relevansi materi pada alat praktikum dengan CPMK	3
	Alat praktikum dapat membantu memvisualisasikan materi dalam pembelajaran	3
Kesesuaian konsep	Alat praktikum dapat menunjukkan beberapa kecepatan dalam materi Gerak Lurus Berubah Beraturan	2
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan sudut dengan kecepatan yang dihasilkan	2
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan antara sudut dan waktu tempuh	3
	Mahasiswa dapat menghitung nilai percepatan dari alat yang digunakan	2
Jumlah		15
Nilai Maksimum		30
Rata-rata Presentase		50%
Kategori		Cukup Baik

Berdasarkan table 4.3 dan 4.4 proses validasi pertama oleh validator ahli materi mengenai alat praktikum yang dikembangkan memperoleh hasil bahwa alat praktikum dinyatakan baik oleh validator I dengan persentase penilaian 60% dan dinyatakan cukup oleh validator II dengan persentase penilaian 50%.

Sedangkan hasil validasi ahli materii tahap I perindikator dapat dilihat pada taber 4.5 dibawah ini

Tabel 4.5 Hasil Validasi Ahli Materi Tahap I Per Indikator

Indikator Pertanyaan	Rata- Rata Skor Per Indicator	Keterangan	Persentase Per Indikator (%)	Keterangan
Kesesuai isi	3	Cukup	60%	Baik
Kesesuai konsep	3	Cukup	52,2%	Baik
Rata-rata	3	Cukup	56,1%	Baik

Berdasarkan tabel 4.5 proses validasi tahap I oleh validator ahli materi terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan memperoleh nilai 60% pada indikator kesesuaian isi dengan kategori baik, dan memperoleh nilai 52,2% pada indikator kesesuaian konsep dengan kategori baik. Sedangkan diakumulasikan dari setiap indikator diperoleh penilaian 56,1% dengan kategori baik.

1) Validasi Ahli Materi Tahap II

Setelah dilakukan validasi materi tahap I maka peneliti melakukan perbaikan atau revisi sesuai saran/komentar dari validator. Setelah proses perbaikan selesai, peneliti kembali memperlihatkan hasil produk ke validator untuk dilakukan penilaian pada validasi materi tahap II dapat dilihat pada table 4.6 dan 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4.6: Hasil Validasi Ahli Materi Tahap II Oleh Validator I

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator I)
Kesesuaian isi	Relevansi materi pada alat praktikum dengan CPMK	3
	Alat praktikum dapat membantu memvisualisasikan materi dalam pembelajaran	4
Kesesuaian konsep	Alat praktikum dapat menunjukkan beberapa kecepatan dalam materi gerak lurus berubah beraturan	4
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan sudut dengan kecepatan yang dihasilkan	3
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan antara sudut dan waktu tempuh	3
	Mahasiswa dapat menghitung nilai percepatan dari alat yang digunakan	4
Jumlah		21
Nilai Maksimum		30
Rata-rata Presentase		80%

Kategori	Baik
-----------------	-------------

Tabel 4.7 Hasil Validasi Ahli Materi Tahap II Oleh Validator II

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator I)
Kesesuaian isi	Relevansi materi pada alat praktikum dengan CPMK	4
	Alat praktikum dapat membantu memvisualisasikan materi dalam pembelajaran	3
Kesesuaian konsep	Alat praktikum dapat menunjukkan beberapa kecepatan dalam materi GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN	3
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan sudut dengan kecepatan yang dihasilkan	3
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan antara sudut dan waktu tempuh	3
	Mahasiswa dapat menghitung nilai percepatan dari alat yang digunakan	3
Jumlah		19
Nilai Maksimum		30
Rata-rata Presentase		63,3%
Kategori		Baik

Berdasarkan tabel 4.6 dan 4.7 proses validasi pertama oleh ahli materi mengenai alat praktikum yang dikembangkan memperoleh hasil bahwa alat praktikum dinyatakan baik oleh validator I dengan persentase penilaian 80% dan dinyatakan baik oleh validator II dengan persentase penilaian 63,3%.

Sedangkan hasil validasi ahli materi tahap II per indikator dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini:

Tabel 4.8 Hasil Validasi Ahli Materi Tahap II Per Indikator

Indikator Pertanyaan	Rata- Rata Skor Per Indicator	Keterangan	Persentase Per Indikator (%)	Keterangan
---------------------------------	--	-------------------	---	-------------------

Kesesuai isi	3,5	Baik	70%	Baik
Kesesuai konsep	3,5	Baik	65%	Baik
Rata-rata	3,5		67,5%	Baik

Berdasarkan tabel 4.8 proses validasi tahap II oleh validator ahli materi terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan memperoleh nilai 70% pada indikator kesesuaian isi dengan kategori baik, dan memperoleh nilai 65% pada indikator kesesuaian konsep dengan kategori baik. Sedangkan diakumulasikan dari setiap indikator diperoleh penilaian 67,5% dengan kategori baik.

2) Validasi Ahli Materi Tahap III

Setelah dilakukan validasi materi tahap II maka peneliti melakukan perbaikan atau revisi sesuai saran/komentar dari validator. Setelah proses perbaikan selesai, peneliti kembali memperlihatkan alat praktikum ke validator untuk dilakukan penilaian kembali pada alat praktikum yang dikembangkan, dapat dilihat pada tabel 4.9 dan 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil Validasi Ahli Materi Tahap III Oleh Validator I

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator I)
Kesesuain isi	Relevansi materi pada alat praktikum dengan CPMK	5
	Alat praktikum dapat membantu memvisualisasikan materi dalam pembelajaran	5
Kesesuaian konsep	Alat praktikum dapat menunjukkan beberapa kecepatan dalam materi Gerak Lurus Berubah Beraturan	5
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan sudut dengan kecepatan yang dihasilkan	4

	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan antara sudut dan waktu tempuh	5
	Mahasiswa dapat menghitung nilai percepatan dari alat yang digunakan	4
Jumlah		28
Nilai Maksimum		30
Rata-rata Presentase		93,3%
Kategori		Sangat baik

Tabel 4.10 Hasil Validasi Ahli Materi Tahap III Oleh Validator II

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator I)
Kesesuaian isi	Relevansi materi pada alat praktikum dengan CPMK	4
	Alat praktikum dapat membantu memvisualisasikan materi dalam pembelajaran	5
Kesesuaian konsep	Alat praktikum dapat menunjukkan beberapa kecepatan dalam materi Gerak Lurus Berubah Beraturan	4
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan sudut dengan kecepatan yang dihasilkan	5
	Alat praktikum dapat menunjukkan hubungan antara sudut dan waktu tempuh	4
	Mahasiswa dapat menghitung nilai percepatan dari alat yang digunakan	4
Jumlah		26
Nilai Maksimum		30
Rata-rata Presentase		86,6%
Kategori		Sangat baik

Berdasarkan table 4.9 dan 4.10 proses validasi pertama oleh validator ahli materi mengenai alat praktikum yang dikembangkan memperoleh hasil bahwa alat praktikum dinyatakan sangat baik oleh validator I dengan persentase penilaian 93,3% dan dinyatakan sangat baik oleh validator II dengan persentase penilaian 86,6%.

Sedangkan hasil validasi ahli materi tahap III per indikator dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini

Tabel 4.11 Hasil Validasi Ahli Materi Tahap III Per Indikator

Indikator Pertanyaan	Rata- Rata Skor Per Indicator	Keterangan	Persentase Per Indikator (%)	Keterangan
Kesesuai isi	4,5	Sangat baik	95%	Sangat baik
Kesesuai konsep	5	Sangat baik	87,5%	Sangat baik
Rata-rata	4,75	Sangat baik	91,25%	Sangat baik

Berdasarkan tabel 4.11 proses validasi tahap III oleh validator ahli materi terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan memperoleh nilai 95% pada indikator kesesuaian isi dengan kategori sangat baik, dan memperoleh nilai 87,5% pada indikator kesesuaian konsep dengan kategori sangat baik. Sedangkan diakumulasikan dari setiap indikator diperoleh penilaian 91,25% dengan kategori sangat baik.

b. Validasi Ahli Media

1) Validasi Ahlli Media Tahap I

Validasi media tahap I dari alat praktikum yang dikembangkan memperoleh hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Hasil Validasi Ahli Media Tahap I Oleh Validator I

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator I)
Kriteria kesesuaian dengan bahan ajar	Kesesuaian alat praktikum dengan konsep yang diajarkan	3
	Alat praktikum sesuai dengan tujuan praktikum	2
	Alat praktikum sesuai dengan materi pembelajaran	3
Kelengkapan alat	Alat dilengkapi dengan manual <i>book</i> dalam membantu perangkaiann alat	4
	Alat dilengkapi dengan video demonstrasi dalam membantu menggunakan alat	4
	Alat dilengkapi dengan penuntun praktikum	4

Keakuratan	Ketahanan komponen alat praktikum yang sesuai pada kedudukan awalnya	2
	ketepatan pemasangan setiap komponenn pada alat praktikum	2
	Ketepatan skala pengukuran	3
	Ketelitian pengukuran	2
Efisiensi alat	Alat praktikum mudah untuk dirangkai	2
	Alat praktikum mudah untuk digunakan/operasikan	3
Keaman bagi praktikan	Alat praktikum memiliki kemanan dan kenyamanan untuk digunakan oleh mahasiswa	2
	Konstruksi alat praktikum kokoh sehingga memiliki keaman saat digunakan oleh mahasiswa	2
	Alat praktikum menggunakan bahan ramah lingkungan dan tidak menggunakan zat	4
Jumlah		42
Nilai Maksimum		75
Rata-Rata Persentase		56%
Kategori		Baik

Tabel 4.13 Hasil Validasi Ahli Media Tahap I Oleh Validator II

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator II)
Kriteria kesesuaian dengan bahan ajar	Kesesuaian alat praktikum dengan konsep yang diajarkan	3
	Alat praktikum sesuai dengan tujuan praktikum	4
	Alat praktikum sesuai dengan materi pembelajaran	4
Kelengkapan alat	Alat dilengkapi dengan manual <i>book</i> dalam membantu perangkaiann alat	3
	Alat dilengkapi dengan video demonstrasi dalam membantu menggunakan alat	3
	Alat dilengkapi dengan penuntun praktikum	2
Keakuratan	Ketahanan komponen alat praktikum yang sesuai pada kedudukan awalnya	3
	ketepatan pemasangan setiap komponenn pada alat praktikum	3

	Ketepatan skala pengukuran	2
	Ketelitian pengukuran	2
Efisiensi alat	Alat praktikum mudah untuk dirangkai	3
	Alat praktikum mudah untuk digunakan/operasikan	3
Keaman bagi praktikan	Alat praktikum memiliki kemanan dan kenyamanan untuk digunakan oleh mahasiswa	2
	Konstruksi alat praktikum kokoh sehingga memiliki keamanan saat digunakan oleh mahasiswa	2
	Alat praktikum menggunakan bahan ramah lingkungan dan tidak menggunakan zat	3
Jumlah		42
Nilai Maksimum		75
Rata-Rata Persentase		56%
Kategori		Baik

Berdasarkan table 4.12 dan 4.13 proses validasi tahap I oleh validator ahli media mengenai alat praktikum yang dikembangkan memperoleh hasil bahwa alat praktikum dinyatakan baik oleh validator I dengan persentase penilaian 56% dan dinyatakan baik oleh validator II dengan persentase penilaian 56%. Sedangkan jika diakumulasi dari validator I dan validator II diperoleh rata-rata peresentase penilaian 56%.

Sedangkan hasil validasi ahli materi tahap III per indikator dapat dilihat pada tabel 4.14 dibawah ini

Tabel 4.14 Hasil Validasi Ahli Media Tahap I Per Indikator

Indikator Pertanyaan	Rata-Rata Skor Per Indikator	Keterangan	Persentase Per Indikator (%)	Keterangan
Kriteria kesesuain	3	Baik	52,77%	Baik

dengan bahan ajar				
Kelengkapan alat	3,3	Sangat baik	66,66%	Baik
Keakuratan	2,6	Baik	40%	Kurang baik
Efisiensi alat	2,5	Baik	55%	Baik
Keamanan bagi mahasiswa	2,5	Baik	50%	Kurang baik
Rata-rata	2,78	Baik	52,88%	Baik

Berdasarkan tabel 4.14 proses validasi tahap I oleh validator ahli media terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan memperoleh nilai 52,77% pada indikator kriteria kesesuaian dengan bahan ajar dengan kategori baik, memperoleh nilai 66,66% pada indikator kelengkapan alat dengan kategori baik, memperoleh nilai 40% pada indikator keakuratan dengan kategori kurang baik, memperoleh nilai 55% pada indikator efisiensi alat dengan kategori baik, dan memperoleh nilai 50% pada indikator keamanan bagi mahasiswa dengan kategori kurang baik. Sedangkan diakumulasikan dari setiap indikator diperoleh nilai rata-rata 52,88% dengan kategori baik.

2) Validasi Validasi Ahlli Media Tahap II

Setelah dilakukan validasi media tahap I maka peneliti melakukan perbaikan atau revisi sesuai saran/komentar dari validator. Setelah proses perbaikan selesai, peneliti kembali meperlihatkan alat praktikum ke validaotor untuk dilakukan penilaian kembali pada alat praktikum yang dikembangkan, dapat dilihat pada tabel 4.15 dan 4.16 sebagai berikut:

Tabel 4.15 Hasil Validasi Ahli Media Tahap II Oleh Validator I

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator I)
-----------------	-----------	--------------------

Kriteria kesesuaian dengan bahan ajar	Kesesuaian alat praktikum dengan konsep yang diajarkan	3
	Alat praktikum sesuai dengan tujuan praktikum	4
	Alat praktikum sesuai dengan materi pembelajaran	4
Kelengkapan alat	Alat dilengkapi dengan manual <i>book</i> dalam membantu perangkaian alat	3
	Alat dilengkapi dengan video demonstrasi dalam membantu menggunakan alat	4
	Alat dilengkapi dengan penuntun praktikum	4
Keakuratan	Ketahanan komponen alat praktikum yang sesuai pada kedudukan awalnya	3
	ketepatan pemasangan setiap komponenn pada alat praktikum	3
	Ketepatan skala pengukuran	3
	Ketelitian pengukuran	3
Efisiensi alat	Alat praktikum mudah untuk dirangkai	2
	Alat praktikum mudah untuk digunakan/operasikan	3
Keaman bagi praktikan	Alat praktikum memiliki kewanan dan kenyamanan untuk digunakan oleh mahasiswa	4
	Konstruksi alat praktikum kokoh sehingga memiliki keaman saat digunakan oleh mahasiswa	4
	Alat praktikum menggunakan bahan ramah lingkungan dan tidak menggunakan zat	4
Jumlah		51
Nilai Maksimum		75
Rata-Rata Persentase		68%
Kategori		Baik

Tabel 4.16 Hasil Validasi Ahli Media Tahap II Oleh Validator II

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator II)
Kriteria kesesuaian dengan bahan ajar	Kesesuaian alat praktikum dengan konsep yang diajarkan	3

	Alat praktikum sesuai dengan tujuan praktikum	4
	Alat praktikum sesuai dengan materi pembelajaran	4
Kelengkapan alat	Alat dilengkapi dengan manual <i>book</i> dalam membantu perangkaiann alat	3
	Alat dilengkapi dengan video demonstrasi dalam membantu menggunakan alat	3
	Alat dilengkapi dengan penuntun praktikum	3
Keakuratan	Ketahanan komponen alat praktikum yang sesuai pada kedudukan awalnya	3
	ketepatan pemasangan setiap komponenn pada alat praktikum	4
	Ketepatan skala pengukuran	3
	Ketelitian pengukuran	2
Efisiensi alat	Alat praktikum mudah untuk dirangkai	4
	Alat praktikum mudah untuk digunakan/operasikan	4
Keaman bagi praktikan	Alat praktikum memiliki kemanan dan kenyamanan untuk digunakan oleh mahasiswa	3
	Konstruksi alat praktikum kokoh sehingga memiliki keaman saat digunakan oleh mahasiswa	3
	Alat praktikum menggunakan bahan ramah lingkungan dan tidak menggunakan zat	4
Jumlah		50
Nilai Maksimum		75
Rata-Rata Persentase		66,66%
Kategori		Cukup baik

Berdasarkan table 4.15 dan 4.16 proses validasi tahap II oleh validator ahli media mengenai alat praktikum yang dikembangkan memperoleh hasil bahwa alat praktikum dinyatakan baik oleh validator I dengan persentase penilaian 68% dan dinyatakan baik oleh validator II dengan persentase penilaian 66,66%. Sedangkan jika

diakumulasi dari validator I dan validator II diperoleh rata-rata peresentase penilaian 67,33%

Sedangkan hasil validasi ahli media per indikator dapat dilihat pada tabel 4.17 dibawah ini

Tabel 4.17 Hasil Validasi Ahli Media Tahap II Per Indikator

Indikator Pertanyaan	Rata-Rata Skor Per Indikator	Keterangan	Persentase Per Indikator (%)	Keterangan
Kriteria kesesuaian dengan bahan ajar	3,6	Baik	73,33%	Baik
Kelengkapan alat	3,3	Baik	66,66%	Baik
Keakuratan	3	Baik	60%	Baik
Efisiensi alat	3,25	Baik	65%	Baik
Keamanan bagi mahasiswa	3,6	Baik	73,33%	Baik
Rata-rata	2,78	Baik	67,65%	Baik

Berdasarkan tabel 4.17 proses validasi tahap II oleh validator ahli media terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan memperoleh nilai 73,33% pada indikator kriteria kesesuaian dengan bahan ajar dengan kategori baik, memperoleh nilai 66,66% pada indikator kelengkapan alat dengan kategori baik, memperoleh nilai 60% pada indikator keakuratan dengan kategori kurang baik, memperoleh nilai 65% pada indikator efisiensi alat dengan kategori baik, dan memperoleh nilai 73,33% pada indikator keamanan bagi mahasiswa dengan kategori baik. Sedangkan diakumulasikan dari setiap indikator diperoleh nilai rata-rata 67,65% dengan kategori baik.

3) Validasi Validasi Ahlli Media Tahap III

Setelah dilakukan validasi media tahap II maka peneliti melakukan perbaikan atau revisi sesuai saran/komentar dari validator. Setelah proses perbaikan selesai, peneliti kembali memperlihatkan alat praktikum ke validator untuk dilakukan penilaian kembali pada alat praktikum yang dikembangkan, dapat dilihat pada tabel 4.18 dan 4.19 sebagai berikut:

Tabel 4.18 Hasil Validasi Ahli Media Tahap III Oleh Validator I

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator I)
Kriteria kesesuaian dengan bahan ajar	Kesesuaian alat praktikum dengan konsep yang diajarkan	5
	Alat praktikum sesuai dengan tujuan praktikum	5
	Alat praktikum sesuai dengan materi pembelajaran	4
Kelengkapan alat	Alat dilengkapi dengan manual <i>book</i> dalam membantu perangkaiann alat	5
	Alat dilengkapi dengan video demonstrasi dalam membantu menggunakan alat	5
	Alat dilengkapi dengan penuntun praktikum	5
Keakuratan	Ketahanan komponen alat praktikum yang sesuai pada dudukan awalnya	5
	ketepatan pemasangan setiap komponenn pada alat praktikum	5
	Ketepatan skala pengukuran	4
	Ketelitian pengukuran	5
Efisiensi alat	Alat praktikum mudah untuk dirangkai	4
	Alat praktikum mudah untuk digunakan/operasikan	4
Keaman bagi praktikan	Alat praktikum memiliki kemanan dan kenyamanan untuk digunakan oleh mahasiswa	5
	Konstruksi alat praktikum kokoh sehingga memiliki keaman saat digunakan oleh mahasiswa	5
	Alat praktikum menggunakan bahan ramah lingkungan dan tidak menggunakan zat	5

Jumlah	71
Nilai Maksimum	75
Rata-Rata Persentase	94,66%
Kategori	Sangat Baik

Tabel 4.19 Hasil Validasi Ahli Media Tahap III Oleh Validator II

Aspek Penilaian	Indikator	Skor (Validator II)
Kriteria kesesuaian dengan bahan ajar	Kesesuaian alat praktikum dengan konsep yang diajarkan	5
	Alat praktikum sesuai dengan tujuan praktikum	5
	Alat praktikum sesuai dengan materi pembelajaran	5
Kelengkapan alat	Alat dilengkapi dengan manual <i>book</i> dalam membantu perangkaian alat	4
	Alat dilengkapi dengan video demonstrasi dalam membantu menggunakan alat	4
	Alat dilengkapi dengan penuntun praktikum	4
Keakuratan	Ketahanan komponen alat praktikum yang sesuai pada kedudukan awalnya	5
	ketepatan pemasangan setiap komponenn pada alat praktikum	5
	Ketepatan skala pengukuran	4
	Ketelitian pengukuran	4
Efisiensi alat	Alat praktikum mudah untuk dirangkai	5
	Alat praktikum mudah untuk digunakan/operasikan	5
Keaman bagi praktikan	Alat praktikum memiliki kemanan dan kenyamanan untuk digunakan oleh mahasiswa	4
	Konstruksi alat praktikum kokoh sehingga memiliki keamanan saat digunakan oleh mahasiswa	4
	Alat praktikum menggunakan bahan ramah lingkungan dan tidak menggunakan zat	5
Jumlah		68
Nilai Maksimum		75
Rata-Rata Persentase		90,66%
Kategori		Sangat Baik

Berdasarkan table 4.18 dan 4.19 proses validasi tahap III oleh validator ahli media mengenai alat praktikum yang dikembangkan memperoleh hasil bahwa alat praktikum dinyatakan sangat baik oleh validator I dengan persentase penilaian 94,66% dan dinyatakan sangat baik oleh validator II dengan persentase penilaian 90,66%. Sedangkan jika diakumulasi dari validator I dan validator II diperoleh rata-rata persentase penilaian 92,66%.

Sedangkan hasil validasi ahli media per indikator dapat dilihat pada tabel 4.20 dibawah ini

Tabel 4.20 Hasil Validasi Ahli Media Tahap III Per Indikator

Indikator Pertanyaan	Rata-Rata Skor Per Indikator	Keterangan	Persentase Per Indikator (%)	Keterangan
Kriteria kesesuaian dengan bahan ajar	4,8	Sangat Baik	96,66%	Sangat Baik
Kelengkapan alat	4,5	Sangat Baik	90%	Sangat Baik
Keakuratan	4,6	Sangat Baik	92,5%	Sangat Baik
Efisiensi alat	4,5	Sangat Baik	90%	Sangat Baik
Keamanan bagi mahasiswa	4,6	Sangat Baik	93,33%	Sangat Baik
Rata-rata	2,78	Baik	92,5%	Sangat Baik

Berdasarkan tabel 4.20 proses validasi tahap III oleh validator ahli media terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan memperoleh nilai 96,66% pada indikator kriteria kesesuaian dengan bahan ajar dengan kategori sangat baik, memperoleh nilai 90% pada indikator kelengkapan alat dengan kategori sangat baik,

memperoleh nilai 92,5% pada indikator keakuratan dengan kategori kurang sangat baik, memperoleh nilai 90% pada indikator efisiensi alat dengan kategori sangat baik, dan memperoleh nilai 93,33% pada indikator keamanan bagi mahasiswa dengan kategori sangat. Sedangkan diakumulasikan dari setiap indikator diperoleh nilai rata-rata 92,50% dengan kategori sangat baik. Kesimpulan yang didapatkan dari validator alat media bahwa alat praktikum yang dikembangkan sudah sangat baik baik sehingga sudah dapat dilanjutkan ketahap selanjutnya.

c. Revisi Produk

Setelah dilakukan validasi tahap ahli materi dan ahli media terhadap alat praktikum yang dikembangkan didapatkan hasil yang valid, kemudian dilakukan revisi produk sesuai dengan saran dan komentar pare validator. Beberapa revisi yang dilakukan adalah, sebagai berikut:

1. penambahan kotak untuk arduino uno,
2. pembungkus kabel,
3. penyangga sensor,
4. pemberian lebel setiap komponen,
5. penambahan nilai busur,
6. memperlicin lintasan,
7. memperbaiki akurasi sistemkerja sensor,
8. merapikan alat agar terlihat menarik.

Setelah produk diperbaiki dan sudah sesuai dengan saran para validator maka produk sudah siap untuk diuji cobakan secara terbatas. Berikut beberapa tampilan yang terjadi selama proses validasi:

d. Respon Mahasiswa

Setelah alat praktikum berbasis arduino uno pada materi gerak lurus berubah beraturan selesai dikembangkan dan sudah melalui proses validasi ahli materi dan ahli media. Selanjutnya peneliti melakukan tahap uji coba dengan tujuan untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan. Tahapan ujicoba ini dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Jambi kepada mahasiswa angkatan 2022 sebanyak 22 mahasiswa sebagai responden.

Uji coba dilakukan dengan melakukan demonstrasi alat praktikum terlebih dahulu didepan kelas, menjelaskan tujuan dari pengembangan alat praktikum, dan memberikan petunjuk penggunaan alat praktikum berbasis arduino uno pada materi gerak lurus berubah beraturan. Selanjutnya peneliti memberika kesempatan kepada mahasiswa untuk mengoperasikan alat praktikum secara langsung dan peneliti menyebarkan angket respon mahasiswa untuk mengetahui bagaimana tanggapan mahasiswa terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan. Data keseluruhan hasil respon mahasiswa dapat dilihat pada bagian lampiran. Hasil persepsi mahasiswa tersebut dapat dilihat pada tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.21 Hasil Angket Respon Mahasiswa

Indikator	Butir Pertanyaan	Rata-Rata Skor	Persentase Setiap	Kriteria
-----------	------------------	----------------	-------------------	----------

		Setiap Pernyataan	Pernyataan (%)	
Materi	Alat paktikum sesuai dengan konsep materi gerak lurus berubah beraturan	3,7	75%	Baik
	Alat praktikum membantu mengatasi kesulitan pada materi	4	81%	Sangat Baik
	Materi lebih jelas dan nyata untuk dilajari menggunakan alat praktikum	4	79%	Baik
	materi lebih menarik dan mudah dipahami	3,7	74%	Baik
Desain pembelajaran	Tujuan pembelajaran lebih jelas dan nyata menggunakan alat praktikum	4,7	94%	Sangat Baik
	Praktikum lebih menarik dan tidak bosan	3,5	71%	Baik
	Alat praktikum membantu praktikum lebih logis	3,5	70%	Baik
Implementasi	Alat praktikum dapat mengefisiensikan waktu praktikum	4,3	86%	Sangat Baik
	Alat praktikum dapat mempermudah praktikum	4,2	85%	Sangat Baik
	Alat praktikum mudah untuk digunakan	4,4	88%	Sangat Baik
Rata-Rata		4	80,10%	Sangat Baik

Sedangkan hasil angket respon mahasiswa pada saat uji coba dalam skala kecil yang melibatkan 21 mahasiswa apabila ditinjau per indikator dapat dilihat pada tabel 4.22

Tabel 4.22 Hasil Angket Respon Mahasiswa Per Indikator

Indikator Pernyataan	Rata-Rata Skor Setiap Indikator	Persentase Setiap Indikator (%)	Kriteria Hasil Rata-Rata Skor
Materi	3,8	77,5%	Baik
Desain pembelajaran	3,7	74,24%	Baik
implementasi	4,1	83%	Sangat baik
Rata-Rata	3,86	78,25	Baik

Berdasarkan tabel 4.22 hasil angket respon mahasiswa terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan memperoleh nilai 77,5% pada indikator materi dengan kategori baik, memperoleh nilai 74,24% pada indikator desain pembelajaran konsep dengan kategori baik, dan memperoleh nilai 83% pada indikator implementasi dengan kategori sangat baik. Sedangkan diakumulasikan dari setiap indikator diperoleh penilaian 78,25% dengan kategori baik.

1.2 Pembahasan

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau *Research and Development* (R&D) dimana peneliti mengembangkan suatu produk yang berupa alat praktikum berbasis arduino uno pada materi gerak lurus berubah beraturan. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 4-D (Four-D Models) yang digunakan dalam pengembangan perangkat pembelajaran dari Thiagarajan (dalam Trianto, 2007). Thiagarajan (1974) model pengembangan 4-D terdiri dari empat tahapan pengembangan, yaitu tahap *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Dalam pengembangan alat praktikum peneliti menggunakan teknologi berupa arduino uno, arduino ide, sensor *infrared*, dan kabel jumper.

Pada tahap awal, peneliti melakukan pendefinisian dengan analisis awal dan analisis saran dan prasarana. Berdasarkan hasil analisis awal mahasiswa yang terdiri dari 62 responden sebanyak 93,6% mahasiswa lebih tertarik menggunakan alat praktikum berbasis arduino uno. Setelah melakukan analisis saran dan prasarana di Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Jambi sudah terdapat alat praktikum gerak lurus berubah beraturan, namun masih menggunakan manual. Setelah melakukan analisis dengan hasil kesimpulan bahwa diperlukan alat praktikum menggunakan teknologi yang dapat mempermudah mahasiswa dalam praktikum khususnya pada materi gerak lurus berubah beraturan, selanjutnya adalah melakukan perancangan alat.

Pada tahap ini dilakukan untuk membuat rancangan (*desain*). Tahapan ini biasa disebut tahap perancangan awal yang akan dibuat. Setelah tahap desain dilakukan tahap selanjutnya rancangan yang telah dibuat akan dievaluasi terlebih dahulu. Dalam tahap pengembangan produk, peneliti mulai merangkai komponen mekanik sesuai dengan desain yang telah dibuat dan akan dikembangkan menjadi produk awal. Alat praktikum yang dikembangkan memiliki komponen-komponen utama yaitu Arduino uno, sensor *Infrared*, dan kabel jumper.

Selanjutnya tahap pengembangan (*develop*) dan penyebarluasan (*Desseminate*). Pada tahap pengembangan peneliti mulai melakukan perancangan semua komponen-komponen dengan mengacu pada *desain* alat yang telah dibuat terlebih dahulu. Dalam hal ini dilakukan pengujian alat pada setiap komponen terutama pada sensor yang telah digunakan agar sensor dapat diketahui bekerja dengan baik atau tidak.

Pada pengujian sensor *infrared* dilakukan dengan membandingkan hasil yang telah terbaca pada monitor dengan secara teori. Hasil uji coba alat praktikum

didapatkan hasil pembacaan sensor *infrared* dengan 3 kali percobaan dengan tingkat persentase kesalahan (*error*) 1,95% dan nilai akurasi 98,05%. Berdasarkan pengujian alat menunjukkan bahwa nilai akurasi alat sesuai dengan harapan peneliti, karena tidak terlalu jauh menyimpang dari hasil perhitungan secara teori. Setelah alat praktikum selesai dikembangkan dilanjutkan dengan menunjukkan hasilnya kepada validator ahli media dan ahli materi sebanyak tiga kali dengan membawa lembar instrumen penilaian produk. Pada proses validasi ini melibatkan dua validator untuk validasi materi dan tiga validator untuk validasi media alat untuk mengisi lembar instrumen penilaian yang sesuai dengan hasil alat praktikum. Setiap validator memberikan saran dan komentar untuk direvisi peneliti. Sedangkan pada tahap penyebarluaskan karena keterbatasan waktu dan kemampuan peneliti, maka hanya dilakukan uji coba dalam skala kecil dengan melibatkan 22 mahasiswa angkatan 2022 Pendidikan Fisika Universitas Jambi. Peneliti memperlihatkan hasil akhir alat praktikum kepada mahasiswa dan menyebarkan angket respon mahasiswa untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan.

Setelah dilakukan uji coba alat, selanjutnya yaitu melakukan validasi materi dan media dengan dosen ahli. Validasi dilakukan untuk mengetahui kebaikan produk yang telah dikembangkan. Pada analisis data setelah dilakukan validasi materi tahap III maka validasi ahli materi didapatkan hasil persentase per indikator 91,25% dengan kategori sangat baik, kemudian analisis data setelah dilakukan validasi media tahap III, maka validasi media didapatkan hasil persentase per indikator 92,50% dengan kategori sangat baik. Berdasarkan hasil validasi ahli materi dan media disimpulkan bahwa alat praktikum berbasis arduino uno pada materi gerak lurus berubah beraturan

sudah sangat baik untuk digunakan dengan sedikit perbaikan untuk selanjutnya di uji coba pada kelompok kecil.

Pada tahap ini peneliti melakukan uji coba pada kelompok kecil yang melibatkan 22 mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Jambi angkatan 2022 sebagai responden untuk mendapatkan respon mahasiswa terhadap alat praktikum yang telah dikembangkan. Peneliti melakukan demonstrasi cara kerja alat praktikum untuk melakukan percobaan. Setelah beberapa responden sudah melakukan percobaan, mahasiswa kemudian diminta untuk mengisi angket respon mahasiswa yang telah dibagikan peneliti. Hasil respon mahasiswa diperoleh hasil persentase perindikator sebesar 78,25% dengan kategori baik. Berdasarkan respon mahasiswa, maka alat praktikum berbasis arduino uno pada materi gerak lurus berubah beraturan memiliki nilai yang baik untuk digunakan dalam praktikum.

Keunggulan dari alat praktikum yang telah dikembangkan memiliki kemudahan dalam pengukuran dan pengoperasian. Pengukuran dilakukan secara otomatis sehingga sangat memudahkan mahasiswa dan menghemat waktu dalam pelaksanaan praktikum. Namun alat ini memiliki kekurangan dalam sistem kerja sensor *infrared* yang sangat sensitif terhadap cahaya, apabila memiliki intensitas cahaya yang berbeda maka perlu pengaturan untuk sensor menyesuaikan dengan intensitas cahaya yang ada.