

LAPORAN AKHIR

PENELITIAN

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Skema Penelitian Terapan Fakultas



PENILAIAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MAHASISWA MENGGUNAKAN *HALPERN CRITICAL THINKING ASSESMENT (HCTA)* BERDASARKAN PENERAPAN PEMBELAJARAN *STEM-PROJECT BASED LEARNING (STEM-PjBL)* PADA MATERI DINAMIKA ROTASI

TIM PENELITI

Nehru, S.Si., M.T (NIDN. 0008027604)
Dr. Sri Purwaningsih, S.Si., M.Si (NIDN. 0024017406)

Dibiayai oleh
DIPA-PNBP Keguruan dan Ilmu Pendidikan Skema Penelitian Terapan Tahun Anggaran 2022 Nomor: SP
DIPA-023.17.2.677565/2022 tanggal 17 November 2021, Sesuai dengan Surat Perjanjian Kontrak
Penelitian Nomor: 154/UN21.11/PT.01.05/SPK/2022, Tanggal 17 Mei 2022

UNIVERSITAS JAMBI

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

DESEMBER 2022

HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN

Judul Penelitian : Penilaian Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Menggunakan Halpern Critical Thingking Assesment (HCTA) Berdasarkan Penerapan Pembelajaran STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) Pada Materi Dinamika Rotasi

Kode/ Nama Rumpun Ilmu : 773 / Pendidikan Fisika

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Nehru, S.Si., M.T

b. NIDN : 0008027604

c. Jabatan Fungsional : Lektor

d. Program Studi : Pendidikan Fisika

e. Nomor HP : 085220344782

f. Alamat surel (e-mail) : nehruunja@gmail.com

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Dr. Sri Purwaningsih, S.Si., M.Si

b. NIDN : 0024017406

c. Perguruan Tinggi : Universitas Jambi

Jumlah mahasiswa yang terlibat : 2 (Satu) Orang Mahasiswa

Lama Penelitian Keseluruhan : 8 (Delapan) Bulan

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 50.000.000-

Penelitian Tahun Ke- : 1 (Satu)

- diusulkan ke LPPM : Rp. 50.000.000

- dana institusi lain : Rp. - / in kind
tuliskan: -

Muaro Jambi, 2022

Menyetujui
Dekans

Prof. Dr. M. Rusdi, S.Pd., M.Sc
NIP. 197012311994031005

Ketua Peneliti

Nehru, S.Si., M.T
NIP. 197602082001121002

Menyetujui
Ketua LPPM Universitas Jambi

Dr. Ade Octavia, SE, MM
NIP. 197410231999032004

RINGKASAN

Kemampuan berpikir kritis memiliki makna yang beragam dan luas. Kemampuan berpikir kritis menjadi kemampuan yang sangat penting untuk dikembangkan dalam bidang pendidikan. Keterampilan berpikir kritis berhubungan dengan karakteristik keterlibatan kognitif seseorang, yang sering digambarkan dengan proses berpikir dan pengambilan keputusan yang dialami individu, seperti merumuskan pertanyaan, mengidentifikasi dan memeriksa asumsi, menafsirkan data, menganalisis data, mengevaluasi data dan metode, menarik kesimpulan dari data, mengembangkan penjelasan yang mendukung kesimpulan, dan pengaturan diri.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menilai kemampuan berpikir kritis mahasiswa berdasarkan pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* pada materi dinamika rotasi. **Metode** yang digunakan dalam penelitian ini adalah *mixed method* dengan *desain explanatory*. **Subjek penelitian** adalah mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Jambi yang menempuh mata kuliah fisika dasar. **Pengumpulan data** dilakukan dengan tes dan wawancara terstruktur. **Instrumen tes** menggunakan soal berpikir kritis yang disusun berdasarkan indikator *Halpern Critical Thinking Assesment (HCTA)*, sedangkan instrumen wawancara menggunakan *open ended question*. **Analisis data** dilakukan dengan menggunakan *paired t test* atau *wilcoxon* untuk menilai kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

Berdasarkan **hasil penelitian** didapatkan bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa berada pada kategori sedang. Walaupun pengaruh pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa berada pada kategori tinggi dengan nilai effect size yang lebih besar dari 1. Selain itu, berdasarkan sistem berpikir pada saat post-test terdapat peningkatan pada sistem berpikir 2 sebanyak 56 jawaban secara keseluruhan. Selain itu sistem berpikir 2 juga hampir sebanding dengan sistem berpikir 1 kecuali pada aspek reasoning. Pada soal tersebut sistem berpikir 1 lebih dominan dibandingkan dengan sistem berpikir 2. Pada keempat soal dan aspek kemampuan berpikir kritis lainnya, sistem berpikir 2 sebanding dengan sistem berpikir 1 bahkan pada soal nomor 3 sistem berpikir 2 lebih dominan. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa setelah memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)*.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir dalam rangka pelaksanaan kegiatan penelitian. Kegiatan yang dilakukan berjudul “**Penilaian Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Menggunakan *Halpern Critical Thinking Assesment (HCTA)* Berdasarkan Penerapan Pembelajaran STEM-Project Based Learning (STEM-PJBL) Pada Materi Dinamika Rotasi**”. Penulis telah mendapatkan banyak bantuan selama menyelesaikan kegiatan penelitian ini. Oleh karenanya, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar- besarnya kepada:

1. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Jambi yang telah memberikan bantuan dana untuk pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat.
2. Fakultas Keguruan dan ilmu Pendidikan Universitas Jambi yang telah memberikan bantuan dana untuk pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat
3. Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memfasilitasi dan bekerja sama dalam kegiatan ini.

Penulis berharap bahwa laporan akhir penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Jambi, Desember 2022

Tim Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	
HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN.....	ii
PRAKTA.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1.Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 State of The Art	4
2.2 Kaitan dengan Renstra Universitas Jambi.....	5
2.3 Peta Jalan Penelitian.....	7
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT	
3.1 Tujuan.....	8
3.2 Manfaat.....	8
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 Desain Penelitian	9
4.2 Subjek Penelitian	10
4.3 Perangkat Pembelajaran	10
4.4 Instrumen Penelitian.....	10
4.5 Teknik Analisis Data	11
4.6 Diagram Fishbone	12
BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	
5.1 Hasil Penelitian.....	16
5.2 Luaran Penelitian.....	25
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	28
6.2 Saran.....	28
DAFTAR RUJUKAN.....	29
LAMPIRAN	
Lampiran 1. Luaran Pemakalah dan Abstrak dalam Temu Ilmiah Internasional	33
Lampiran 2. Luaran Publikasi pada Jurnal Internasional Bereputasi	34
Lampiran 3. Luaran HKI.....	41
Lampiran 4. Proposal Tugas Akhir Mahasiswa	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dinamika merupakan salah satu topik yang penting dan mendasar dalam fisika. Dinamika terbagi menjadi dinamika translasi dan dinamika rotasi. Kesulitan mahasiswa pada dinamika translasi telah banyak diteliti dalam penelitian pendidikan, namun sedikit penelitian mengenai dinamika rotasi (Close, et al., 2013; Mashood & Singh, 2012; 2015; Rimoldini & Singh, 2005). Padahal dinamika rotasi merupakan materi yang sulit dipahami oleh mahasiswa (Kladivova & Mucha, 2014; Mashood & Singh, 2012).

Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa terdapat banyak kesulitan yang dialami oleh mahasiswa pada materi dinamika rotasi. Mahasiswa kesulitan dalam memahami konsep dasar gerak rotasi (Mashood & Singh, 2012), pengaruh gaya pada gerak rotasi (Close, et al., 2013), konsep dasar torsi (Ortiz, et al., 2005), dan momen inersia (Leyvraz, 201). Mahasiswa juga mengalami kesulitan pada konsep momentum sudut (Close & Heron, 2011; Mashood & Singh 2015; Robinson, 2014) dan keseimbangan benda tegar (Mashood & Singh, 2015; Pranata, et al., 2016).

Dalam penelitian pendidikan, penguasaan konsep mengenai suatu materi dan kemampuan berpikir tingkat tinggi menjadi prioritas (Steinberg et al., 2009). Penguasaan konsep merupakan bagian dari kemampuan kognitif yang menunjukkan kemampuan siswa dalam menghubungkan konsep-konsep untuk memperoleh suatu kesimpulan. Kesulitan dan miskonsepsi yang dialami oleh mahasiswa dapat dikurangi dengan fokus pada penguasaan konsep (Khasanah & Yuliati, 2016) dan dengan melibatkan proses berpikir (Nugraha et al., 2016). Kemampuan berpikir tingkat tinggi yang perlu untuk diterapkan dalam pembelajaran adalah kemampuan berpikir kritis. Semua dosen fisika pasti setuju bahwa alasan utama bagi mahasiswa untuk mempelajari fisika adalah untuk mempelajari bagaimana berpikir secara kritis (Etkina & Planinšič, 2015). Untuk itu sangat penting bagi mahasiswa memiliki kemampuan berpikir kritis yang baik (Isgro & Deal, 2013).

Kemampuan berpikir kritis menjadi tujuan utama dalam pendidikan sains. Pada awalnya, usaha dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis terpisah dari sains yang diajarkan di sekolah (Mulyani, 2019). Karena pentingnya kemampuan berpikir kritis dalam pendidikan, kemampuan berpikir kritis mulai ditanamkan dalam sains yang diajarkan di sekolah atau per dosenan tinggi. Dengan alasan tersebut kemampuan berpikir kritis sangat bergantung pada materi yang diajarkan.

Kemampuan berpikir kritis juga sangat penting untuk ditanamkan dalam pembelajaran fisika. Keberhasilan pembelajaran dengan melibatkan kemampuan berpikir kritis membutuhkan proses berpikir seperti memprediksi, menganalisis, mensintesis, mengevaluasi, menalar, dan sebagainya (Tiruneh et al., 2016). Pembelajaran dengan menanamkan indikator kemampuan berpikir kritis pada suatu materi yang diajarkan di kelas telah terbukti sukses dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa secara umum (O'Dwyer, 2009).

Kemampuan berpikir kritis dapat membantu siswa dalam bernalar, refleksi, dan membuat keputusan (Tiruneh et al., 2017). Kemampuan berpikir kritis juga dapat membantu mahasiswa dalam mengolah informasi dan membuat keputusan yang logis (Etkina & Planinšič, 2015). Kemampuan berpikir kritis dikaitkan dengan dengan tiga level teratas pada taksonomi Bloom (Krathwohl, 2002). Tiga level teratas pada taksonomi Bloom adalah menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta (Anderson & Krathwohl, 2001).

Mahasiswa lebih tertarik dengan contoh fisis dari pada prinsip yang abstrak dan tidak terhubung dengan dunia nyata. Pembelajaran yang tepat sebagai solusi meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa adalah menerapkan pembelajaran berbasis proyek atau disebut *project based learning* (PjBL). Penerapan PjBL dalam pembelajaran fisika diketahui dapat meningkatkan hasil belajar kognitif (Baran & Maskan, 2010), membentuk sikap dan perilaku ramah lingkungan (Kılınc, 2010; Tseng, et al., 2013), keterampilan proses ilmiah (Özer & zkan, 2012), dan pembelajaran yang efektif (Cook, et al., 2012; Movahedzadeh, et al., 2012). PjBL lebih sesuai indikator berpikir kritis karena secara alami melibatkan banyak keterampilan yang berbeda, seperti membaca, menulis, matematika dan membantu konstruksi pengetahuan konseptual melalui asimilasi mata pelajaran lain yang berbeda (Capraro, et al., 2013) sehingga diharapkan dapat mengkonstruksi semua kemampuan mahasiswa.

Selain PjBL, pembelajaran saat ini perlu mengikuti trend di era globalisasi, salah satunya dengan mengintegrasikan *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* (STEM). Hubungan antara matematika dan teknologi atau pengetahuan lainnya tidak dapat dipisahkan dalam pembelajaran sains. STEM merupakan disiplin ilmu yang saling terkait satu sama lain. Sains membutuhkan matematika sebagai alat analisis data, sedangkan teknologi dan teknik adalah aplikasi sains. Pendekatan STEM dalam pembelajaran diharapkan dapat memberikan pembelajaran yang bermakna kepada siswa melalui integrasi sistematis pengetahuan, konsep dan keterampilan.

Beberapa penelitian tentang *STEM-project based learning* (STEM-PjBL) lebih banyak membahas tentang efektivitasnya terhadap literasi saintific (Afriana et al., 2016),

penguasaan konsep (Mutakinati et al., 2018), pemecahan masalah (Hong et al., 2012). Sangat sedikit penelitian yang membahas pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan dibahas tentang “Penilaian Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Menggunakan *Halpern Critical Thinking Assesment* (HCTA) Berdasarkan Penerapan Pembelajaran *STEM-Project Based Learning* (STEM-PjBL) Pada Materi Dinamika Rotasi”.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah dalam penelitian ini dirumuskan dengan pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana kemampuan berpikir kritis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning* (STEM-PjBL) pada Materi Dinamika Rotasi?
2. Bagaimanakah profile dari penerapana *STEM-Project Based Learning* (STEM-PjBL) pada Materi Dinamika Rotasi?

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 State of The Art

Perkembangan pembelajaran saat ini didalam pendidikan fisika dalam beberapa tahun terakhir mengalami perubahan dari pembelajaran berbasis saintifik menjadi pembelajaran berbasis *sciences, technology, engineering dan mathematics* (STEM). Hal ini tidak terlepas dari banyak negara yang ingin mempersiapkan warganya memahami STEM dan memiliki kemampuan multidimensi untuk digunakan dalam kehidupan modern (Nugroho et al., 2019). Tantangan dimasa depan menuntut setiap individu memahami berbagai multidisiplin ilmu.

STEM merupakan gabungan empat bidang ilmu yang dipadukan ke dalam pembelajaran berbasis masalah (Ismail et al., 2016; Mulyani, 2019). Karakteristik yang mendasari STEM adalah apa yang disebut desain pembelajaran terintegrasi (Green, 2014), yaitu integrasi dari beberapa bidang ilmu yang terdiri dari sains, teknologi, rekayasa dan matematik yang digunakan untuk memecahkan masalah (Breiner et al., 2012; Ismail et al., 2016; Nugroho et al., 2019), serta kepentingan keberhasilan akademis jangka panjang mahasiswa (Nugroho et al., 2019). STEM merupakan disiplin ilmu yang saling berkaitan yang tidak bisa dipisahkan dalam pembelajaran (Afriana et al., 2016). Penerapan pengetahuan dan keterampilan merupakan kunci dalam pembelajaran dengan pendekatan STEM, oleh sebab itulah memberikan pendekatan STEM dapat membantu dalam mengembangkan resource mahasiswa.

Dari perspektif pendidikan, pengenalan STEM dapat berupa berbagai aktivitas, tetapi secara umum, biasanya mencakup perubahan strategi pengajaran tradisional dengan pendekatan yang berbasis proyek (Breiner et al., 2012). STEM dalam implementasi pembelajaran diharapkan dapat memberikan makna kepada mahasiswa melalui integrasi sistematis antara pengetahuan, konsep dan keterampilan yang berguna dalam mengembangkan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa (Afriana et al., 2016; Margot & Kettler, 2019; Tecson et al., 2021). Konsepsi modern yang paling penting dari STEM adalah gagasan tentang integrasi, yang berarti bahwa STEM adalah integrasi yang disengaja dari berbagai disiplin ilmu seperti yang digunakan dalam memecahkan masalah (Breiner et al., 2012).

Dalam penelitian ini, STEM akan menjadi dasar dalam menentukan kegiatan yang akan dilakukan mahasiswa. Sedangkan untuk langkah-langkah pembelajaran didasarkan pada langkah-langkah pembelajaran *project based learning* (PjBL). PjBL adalah bentuk instruksi yang berpusat pada siswa yang didasarkan pada tiga prinsip konstruktivis: pembelajaran

adalah konteks-spesifik, peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran dan mereka mencapai tujuan mereka melalui interaksi sosial dan berbagi pengetahuan dan pengertian (Cocco, 2006). PjBL sebagai bentuk pengajaran memiliki hubungan yang jelas dengan pendekatan pedagogis lainnya, seperti pembelajaran berbasis masalah (Helle, Tynjälä, & Olkinuora, 2006). Fokus kedua pembelajaran tersebut adalah agar peserta mencapai tujuan bersama melalui kolaborasi. Dalam keterlibatan mereka dengan sebuah proyek, mahasiswa dapat menghadapi masalah yang perlu ditangani untuk membangun dan menyajikan produk akhir dalam menanggapi pertanyaan. Perbedaan utama antara keduanya adalah bahwa siswa dalam pembelajaran berbasis masalah terutama berfokus pada proses pembelajaran, PjBL perlu berujung pada produk akhir (Kokotsaki et al., 2016).

Beberapa penelitian telah mencoba mengimplementasikan *Project based learning* (PjBL) dalam pembelajaran, seperti pada sekolah dasar implementasi PjBL untuk memfasilitasi kemampuan penalaran dan pemahaman siswa melaporkan hasil positif untuk kelompok yang mendapatkan pengalaman *Project based learning* (Habok, 2015). Pada tingkat sekolah menengah pertama, ditemukan bahwa kelompok eksperimen yang menggunakan PjBL secara signifikan mengungguli kelompok kontrol dalam Tes Pengetahuan Lingkungan dan Survei Sikap Sains (Al-Balushi and Al-Aamri, 2014). Pada tingkat per dosenan tinggi ditemukan bahwa mahasiswa calon dosen yang mendapatkan pembelajaran PjBL dapat menjadi pemecah masalah yang lebih baik (Mettas & Constantinou, 2008), dapat memperoleh manfaat dari penilaian formatif (Frank & Barzilai, 2004) dan menjadi lebih sadar objek pembelajaran yang kemudian dapat mengarah pada peningkatan pembelajaran (Ljung- Djärf et al., 2014).

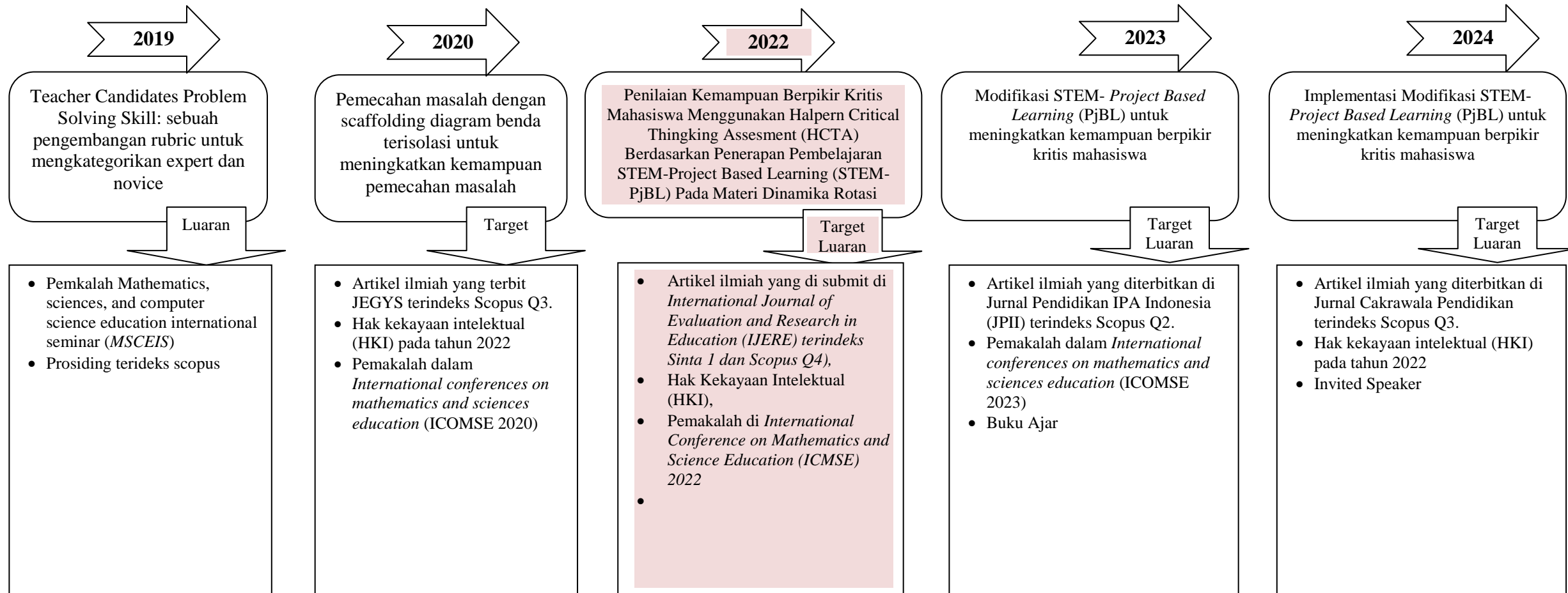
Hasil penelitian-penelitian tersebut memberikan kontribusi yang baik dalam proses pembelajaran. Penelitian yang diusulkan ini memiliki kesamaan terkait model *Project Based Learning* (PjBL) yang diterapkan dalam pembelajaran. Yang menjadi perbedaannya adalah dalam penelitian yang diusulkan, peneliti mengintegrasikan STEM sebagai pendekatan pembelajaran dan kemampuan berpikir kritis sebagai luaran yang ingin dianalisis.

2.2 Kaitan dengan Renstra Penelitian Universitas Jambi

Penelitian yang akan dilakukan ini memiliki kaitan yang erat dengan renstra penelitian Universitas Jambi yaitu UNJA SMART, khususnya berhubungan dengan sasaran strategis dalam mengembangkan program pendidikan tinggi yang inovatif. Dalam hal ini berkaitan dengan IKU (Indikator Kinerja Utama) dengan kode A3.5 yaitu meningkatkan mata kuliah

S1 yang menggunakan metode pembelajaran pemecahan kasus dan Pembelajaran berbasis proyek.

2.3 Peta Jalan Penelitian



Gambar 3. Peta Jalan (*roadmap*) penelitian

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kemampuan berpikir kritis mahasiswa berdasarkan pengalaman belajar *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* pada Materi Dinamika Rotasi
2. Menyajikan profile dari penerapana *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* pada Materi Dinamika Rotasi

3.2 Manfaat Penelitian

Masih banyaknya permasalahan mahasiswa dalam memahami konsèp dinamika rotasi perlu ditinjau lebih jauh faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi, salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Penelitian ini dilaksanakan dengan harapan dapat menghasilkan informasi tentang kemampuan berpikir kritis mahasiswa berdasarkan Penerapan Pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* Pada Materi Dinamika Rotasi.

3.3 Rencana Target Capaian Tahunan

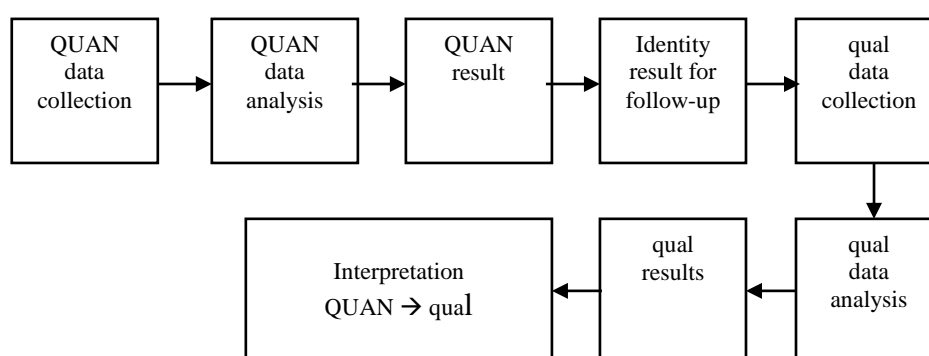
Tabel 1. Rencana Target Capaian Tahunan

No	Jenis Luaran	Indikator Capaian			
		N ¹⁾	N+1	N+2	
1	Artikel ilmiah dimuat di jurnal	Internasional Terindeks	Submitted	Accepted	
		Nasional Terakreditasi			
2	Artikel ilmiah dimuat di Prosiding	Internasional terindeks			
		Nasional Terakreditasi			
3	Pemakalah dalam temu ilmiah ³⁾	Internasional	Dilaksanakan		
		Nasional			
4	<i>Invited Speaker</i> dalam temu ilmiah ⁴⁾	Internasional			
		Nasional			
5	<i>Visiting Lecturer</i> ⁵⁾	Internasional			
6	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Paten			
		Paten sederhana			
		Hak Cipta	Draf	Terdaftar	
		Merek dagang			
		Rahasia dagang			
		Desain produk industry			
		Indikasi geografis			
		Perlindungan variates tanaman			
	Perlindungan topografi sirkuit terpadu				
7	Teknologi Tepat Guna ⁷⁾				
8	Model/Purwarupa/Desain/Karya seni/ Rekayasa Sosial ⁸⁾				
9	Buku Ajar (ISBN) ⁹⁾				
10	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) ¹⁰⁾				

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Desain Penelitian

Penelitian menggunakan metode campuran dengan desain *explanatory*. Hal ini bertujuan untuk memperoleh informasi mendalam tentang Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Menggunakan *Halpern Critical Thinking Assesment (HCTA)* Berdasarkan Penerapan *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* Pada Materi Dinamika Rotasi. Desain yang akan diterapkan mengikuti prosedur Creswell dan Clark (2007) Seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Explanatory design: Follow-up Explanation model (QUAN emphasized)

Proses penelitian dilakukan dengan membandingkan dua kelas, yang terdiri dari kelas eksperimen dan kontrol. Proses evaluasi pada kelas eksperimen diawali dengan implementasi *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* Pada Materi Dinamika Rotasi. Sedangkan pada kelas kontrol hanya berdasarkan *Project Based Learning (PjBL)* saja, tanpa adanya STEM.

Perangkat pembelajaran untuk mendukung proses pembelajaran dan pengumpulan data penelitian, terdiri dari SAP, RPS dan lembar kerja peserta didik (LKPD) yang telah disusun peneliti berdasarkan desain *Project Based Learning (STEM-PjBL)*. Setelah kegiatan pembelajaran selesai selanjutnya dilaksanakan tes dan wawancara. Hasil tes dianalisis secara kuantitatif dengan menggunakan rubrik berpikir kritis dan hasil wawancara dianalisis secara kualitatif. Proses pengumpulan data secara ringkas ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Pengumpulan Data Penelitian

Data	Jenis Data	Sumber Data	Instrumen pengumpulan data	Teknik pengambilan data
Proses pembelajaran	Kualitatif	Proses penerapan Project Based Learning (STEM-PjBL) pada materi dinamika rotasi	• Lembar Observasi	Observasi
Kemampuan berpikir	Kuantitatif Kualitatif	Uraian jawaban mahasiswa pada	• Instrumen tes	Tes dan wawancara

kritis	tes beserta hasil wawancara	kemampuan berpikir kritis yang dikembangkan berdasarkan indikator <i>Halpern Critical Thinking Assesment</i> (HCTA) • Pedoman wawancara
--------	-----------------------------	--

4.2 Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah 70 mahasiswa S1 Pendidikan Fisika Universitas Jambi yang sedang menempuh mata kuliah fisika dasar yang terdiri dari dua kelas. Selain itu, terdapat beberapa sampel mahasiswa yang dipilih untuk dilakukan wawancara. Sampel wawancara dipilih dengan menggunakan teknik *random sampling*.

4.3 Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran untuk mendukung proses pembelajaran dan antara lain sebagai berikut :

1. Rencana Perkuliahan Semester (RPS)

Rencana perkuliahan semester digunakan sebagai pedoman dalam menyusun dan mengatur materi yang akan disampaikan kepada mahasiswa. Rencana perkuliahan semester yang dijadikan pedoman adalah Rencana perkuliahan semester yang digunakan di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jambi yang merupakan tempat akan dilaksanakannya penelitian.

2. Satuan Acara Perkuliahan (SAP) dan Lembar Kerja Peserta Didik (LK)

SAP yang disusun disesuaikan dengan materi penelitian yaitu dinamika rotasi. Dalam SAP pembelajaran yang diterapkan mengikuti langkah-langkah *STEM-PjBL*. Selain itu, SAP juga didukung dengan LKPD. LKPD merupakan kunci dari proses pembelajaran yang akan diterapkan, karena konsep *Project Based Learning* (PjBL) dan STEM. diterapkan didalam LKPD. Selama kegiatan pembelajaran dilakukan observasi secara langsung oleh observer, pengambilan foto untuk mengumpulkan data yang nantinya digunakan untuk mendiskripsikan pelaksanaan pembelajaran.

4.4 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam mengumpulkan data dalam penelitian ini terdiri dari instrumen observasi proses pembelajaran, instrumen tes dan pedoman wawancara. Instrumen observasi digunakan untuk melihat proses transfer langkah-langkah *STEM-PjBL*. Sedangkan

instrumen tes digunakan sebagai alat yang akan memberikan informasi tentang kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Instrumen tes yang digunakan berupa butir soal essay yang dikembangkan oleh peneliti berdasarkan indikator *Halpern Critical Thinking Assesment* (HCTA).

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen tersebut harus divalidasi terlebih dahulu untuk mengetahui kevalidan. Validasi dilakukan oleh validator yang telah berpengalaman di bidangnya menggunakan lembar validasi. Untuk Validasi soal tes meliputi kesesuaian soal dengan indikator pencapaian kompetensi, kesesuaian soal untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah mahasiswa, kebenaran kunci jawaban, dan kesesuaian penskoran.

Sedangkan pedoman wawancara berisi pertanyaan yang diajukan kepada sekelompok mahasiswa yang didasarkan atas soal-soal berpikir kritis yang diberikan pada tes. Dalam wawancara setiap mahasiswa diminta untuk menjelaskan kembali bagaimana mereka menemukan solusi dari masalah.

4.5 Teknik Analisis Data Penelitian

Sesuai dengan pertanyaan penelitian, maka teknik analisis data dipaparkan dalam beberapa bagian yang disesuaikan dengan rumusan masalah dalam penelitian, yaitu analisis data kuantitatif dan kualitatif terkait kemampuan berpikir kritis mahasiswa dan profil penerapan STEM-PjBL..

1. Analisis Data kemampuan berpikir kritis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning* (STEM-PjBL) Pada Materi Dinamika Rotasi

- **Analisis Data Kuantitatif**

Analisis data kuantitatif kemampuan berpikir kritis mahasiswa dilakukan dengan cara menentukan deskripsi statistik dan uji prasyarat normalitas, uji beda skor pretes dan postes.

a) Deskripsi Statistik dan Uji Normalitas

Deskripsi statistik digunakan untuk mendapatkan data tentang nilai maksimum dan minimum, mean untuk setiap variabel, median, standar deviasi dan skewness pada pos-test (Leech et al, 2005). Sedangkan uji normalitas dan homogenitas dilakukan untuk mengetahui kenormalan data kelas eksperimen dan kelas kontrol. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov Smirnov. Data data kelas eksperimen dan kelas kontrol

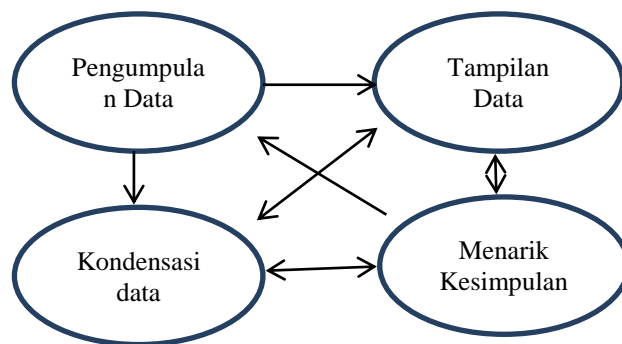
dikatakan terdistribusi normal apabila nilai signifikansi yang diperoleh lebih besar dari taraf signifikansi ($>0,05$). Selain itu juga data dapat dikatakan terdistribusi normal apabila nilai skewness antara -1 dan 1 (Morgan, et al, 2004; Leech, et al, 2005; Sutopo, et al, 2012; Sutopo, et al, 2016).

b) Uji *paired t test* atau uji *wilcoxon*

Uji *paired t test* digunakan untuk melihat perbedaan skor data pretes dan postes apabila data terdistribusi normal. Namun apabila data tidak terdistribusi normal, maka perbedaan skor data pretes dan postes diuji menggunakan uji *wilcoxon* (Morgan et al, 2004).

• Analisis Data Kualitatif

Analisis data kualitatif untuk mengali lebih dalam informasi terkait kemampuan berpikir kritis mahasiswa dilakukan dengan mengikuti prosedur model interaktif (Gambar 4.2) dari Miles et al (2014).



Gambar 4.2. Komponen Data Analisis: Model Interaktif (Miles et al, 2014)

Proses analisis data kualitatif terdiri dari tahap pengumpulan data, kondensasi data, tampilan data dan menarik kesimpulan.

a. Pengumpulan data

Dalam tahap ini, peneliti belum menyeleksi data kemampuan berpikir kritis mahasiswa berdasarkan kebutuhan peneliti. Semua data dari hasil wawancara dikumpulkan untuk diseleksi pada tahap kondensasi data.

b. Kondensasi data

Kondensasi data adalah proses menyeleksi, memfokuskan, menyederhanakan, menggambarkan, dan mentransformasikan data yang didapatkan untuk diambil data-data yang

dibutuhkan. Pada tahap ini data tentang lingkungan belajar dipilih sesuai kebutuhan peneliti dan dikodekan berdasarkan indikator-indikator kemampuan berpikir kritis.

c. Tampilan/penyajian Data

Hasil dari kondensasi dan pengkodean data kemudian ditampilkan secara naratif. Selain itu, penyajian data juga dibantu dengan menggunakan tabel dan grafik yang akan mempermudah pemahaman terhadap sajian data tentang kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

d. Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan merupakan tahap terakhir dari proses analisis data kualitatif. Penarikan kesimpulan menyajikan bagaimana kemampuan berpikir kritis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) Pada Materi Dinamika Rotasi.

2) Analisis Data Profile dari Penerapana kemampuan berpikir kritis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning* (STEM-PjBL) Pada Materi Dinamika Rotasi

Analisis data profile dari penerapana kemampuan berpikir kritis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) Pada Materi Dinamika Rotasi dilakukan dengan mengikuti prosedur model interaktif (Gambar 3.2) dari Miles et al (2014). Proses analisis data terdiri dari pengumpulan data, kondensasi data, tampilan data dan menarik kesimpulan.

a. Pengumpulan data

Pengumpulan data profile penerapana STEM-PjBL berdasarkan hasil observasi dalam pembelajaran oleh observer. Dalam tahap ini, peneliti belum menyeleksi data keterlaksanaan dan permasalahan dalam menerapkan STEM-PjBL belajar berdasarkan kebutuhan peneliti.

b. Kondensasi data

Kondensasi data adalah proses menyeleksi, memfokuskan, menyederhanakan, menggambarkan, dan mentransformasikan data yang didapatkan untuk diambil data-data yang dibutuhkan. Pada tahap ini data tentang profile penerapana STEM-PjBL diseleksi sesuai kebutuhan peneliti didasarkan pada dua aspek yaitu keterlaksanaan penerapan pembelajaran dan hambatan yang dialami dalam menerapkan STEM-PjBL.

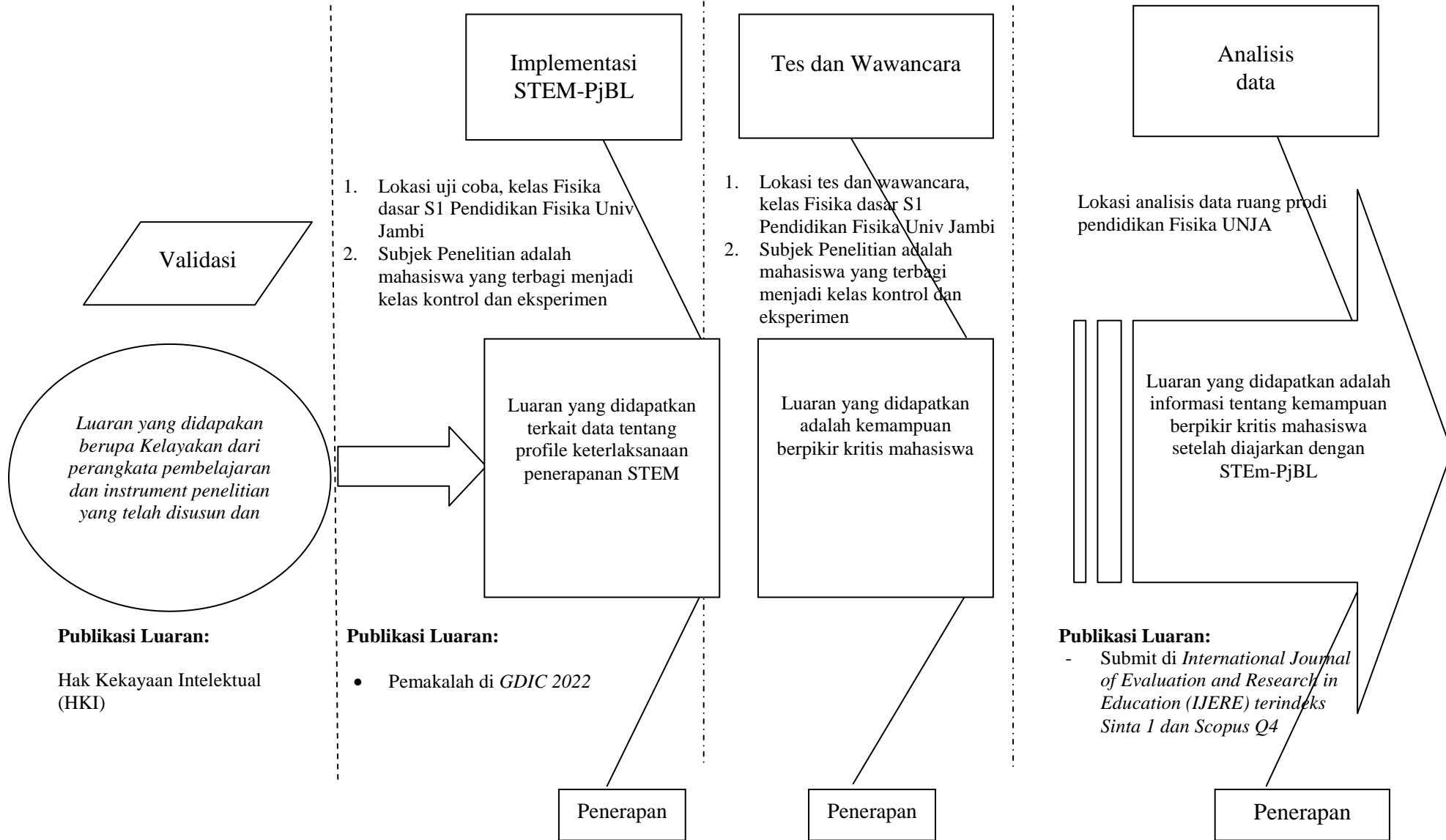
c. Tampilan/penyajian Data

Hasil dari kondensasi data kemudian ditampilkan secara naratif. Selain itu, penyajian data juga dibantu dengan menggunakan tabel dan grafik yang akan mempermudah pemahaman terhadap sajian data. Data yang disajikan dalam bagian ini berupa data keterlaksanaan penerapan pembelajaran dan hambatan yang dialami dalam menerapkan STEM-PjBL.

d. Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan merupakan tahap terakhir dari proses analisis data kualitatif. Penarikan kesimpulan menyajikan bagaimana keterlaksanaan dalam menerapkan pembelajaran *STEM-PjBL* dan apa saja permasalahan yang dialami sebagai panduan untuk pengguna pembelajaran *STEM-PjBL*.

4.6 Diagram *Fishbone* Alur Pelaksanaan Penelitian



BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil dan Pembahasan Penelitian

5.1.1 Hasil Rumusan Masalah 1 (Bagaimana kemampuan berpikir kritis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* pada Materi Dinamika Rotasi)

Kemampuan berpikir kritis mahasiswa diperoleh berdasarkan uraian jawaban saat pretes dan postes. Sebaran aspek kemampuan berpikir kritis diterapkan pada masing-masing soal serta rubrik penilaiannya. Rubrik penilaian sangat bergantung pada kondisi soal yang digunakan. Semua soal menggunakan penilaian yang identik, yaitu dengan skor maksimum 4. Sistem penilaian ini diadaptasi dari penilaian kemampuan berpikir kritis yang dikembangkan oleh Tiruneh, et al. (2016). Adapun indikator penilaian adalah sebagai berikut:

- Membuat deskripsi masalah dengan benar (1)
- Menjawab dengan tepat (1)
- Penguraian matematis dilakukan dengan tepat(1)
- Proses menemukan solusi didasarkan konsep fisika (1)

Data deskriptif mengenai kemampuan berpikir mahasiswa yang memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Deskriptif Statistik Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Kategori	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
Jumlah populasi	70	70
Rata-rata	7,59	51,03
Standar Deviasi	4,06	22,29
<i>Skewness</i>	0,83	0,173
Minimum	2,30	12,60
Maksimum	17,10	94.30

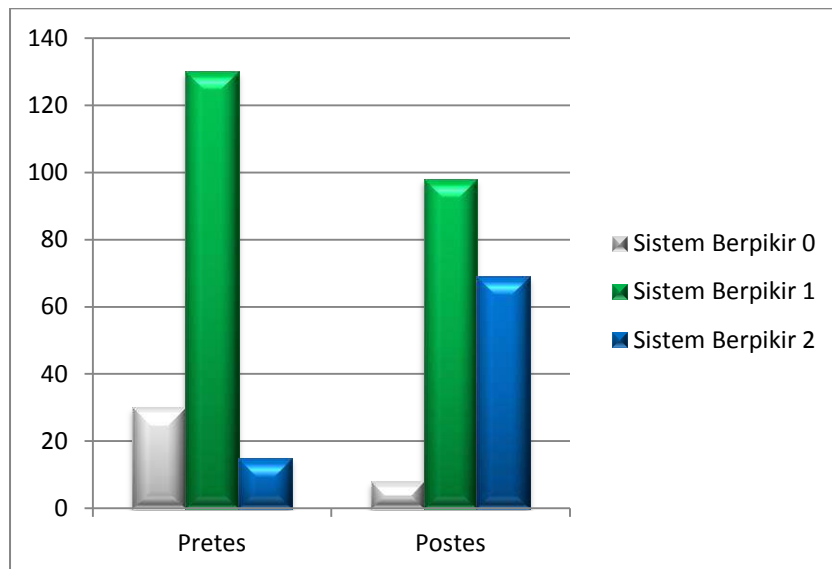
Berdasarkan nilai *skewness* menunjukkan bahwa data *pre-test* dan *post-test* kemampuan berpikir kritis mahasiswa terdistribusi secara normal dengan nilai skewnes antara +1 dan -1 pada *pre-test* dan *post-test*. Oleh karena data terdistribusi normal maka selanjutnya dilakukan uji *paired sample t-test*, *N-gain score* dan *effect size* dengan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Nilai *t*, *N-gain Score*, dan *Effect Size* untuk Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa

Kategori	Nilai
<i>Paired t test</i>	12,48
Signifikansi	0.00
<i>N-gain Score</i>	0,5
<i>Effect size</i>	2,1

Perbedaan antara rata-rata nilai *pre-test* dan *post-test* ditunjukkan oleh nilai *t*, yaitu sebesar 12,48. Kemampuan berpikir kritis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* meningkat yang ditunjukkan oleh *N-gain score* sebesar 0.5. Nilai ini menunjukkan bahwa peningkatan berada pada kategori sedang. Pengaruh pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa berada pada kategori tinggi dengan nilai *effect size* yang lebih besar dari 1.

Kemampuan berpikir mahasiswa dikelompokkan menjadi tiga sistem berpikir, yaitu sistem berpikir 1 untuk mahasiswa yang menjawab dengan cepat dan berdasarkan intuisi, sistem berpikir 2 untuk mahasiswa yang menjawab lebih lambat dan dengan tujuan yang jelas berdasarkan aspek kemampuan berpikir kritis dan sistem berpikir 0 untuk jawaban mahasiswa yang kosong. Ketiga sistem berpikir mahasiswa ketika menjawab soal sebelum dan setelah memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Sistem Berpikir Mahasiswa pada *Pre-test* dan *Post-test*

Lima aspek kemampuan berpikir kritis diwakili oleh masing-masing soal tes. Lima aspek tersebut antara lain *Hypothesis Testing, Problem Solving and decision making, Likelihood and uncertainty analysis, Reasoning, Argument analysis*. Berdasarkan Gambar 5.1 jawaban mahasiswa pada *pre-test* untuk setiap soal dominan pada sistem berpikir 1. Jadi dapat disimpulkan bahwa sebelum memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)* sebagian besar mahasiswa menjawab soal berdasarkan intuisi sesuai dengan sistem berpikir 1 yang dijelaskan oleh Halpern (2014).

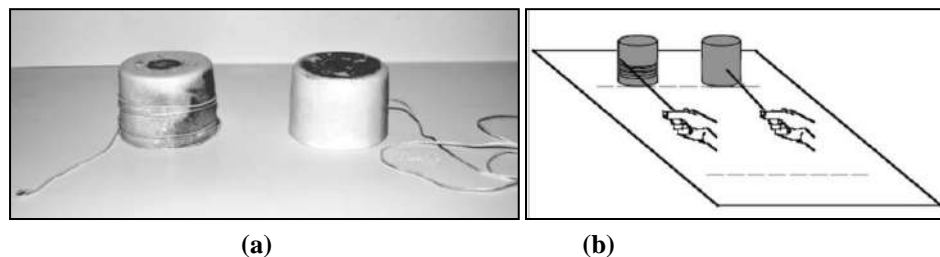
Pada saat *post-test*, sistem berpikir 1 juga lebih dominan tetapi terdapat peningkatan pada sistem berpikir 2 sebanyak 56 jawaban secara keseluruhan. Selain itu sistem berpikir 2 juga hampir sebanding dengan sistem berpikir 1 kecuali pada aspek *reasoning*. Pada soal tersebut sistem berpikir 1 lebih dominan dibandingkan dengan sistem berpikir 2. Pada keempat soal dan aspek kemampuan berpikir kritis lainnya, sistem berpikir 2 sebanding dengan sistem berpikir 1 bahkan pada soal nomor 3 sistem berpikir 2 lebih dominan. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa setelah memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL)*. Hal ini sesuai dengan *N-Gain score* dan *effect size* yang telah ditunjukkan secara kuantitatif.

5.1.2 Hasil Rumusan Masalah 2 (Bagaimanakah profile dari penerapana STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) pada Materi Dinamika Rotasi?)

1. Pembelajaran Torsi (*Torque*)

Pembelajaran diawali dengan pembagian kelompok dan lembar kerja kepada masing-masing mahasiswa. Kemudian dosen menampilkan video mengenai gerak rotasi yang diiringi dengan pertanyaan, “*Mengapa benda dapat bergerak?*” “*Apa yang membuat benda dapat bergerak?*” semua mahasiswa memberikan jawaban “*Karena adanya gaya*”. Kemudian dosen memberikan pertanyaan “*Apa yang membuat benda dapat beprutar (bergerak secara rotasi)?*” mahasiswa memberikan jawaban yang sama, “*Karena ada gaya, tetapi gaya yang berbeda*”. Mahasiswa mengetahui bahwa yang menyebabkan benda untuk bergerak adalah gaya, tetapi tidak dapat membedakan efek gaya pada gerak lurus dan gerak rotasi. Untuk menjelaskan hal tersebut dilakukan beberapa demonstrasi awal.

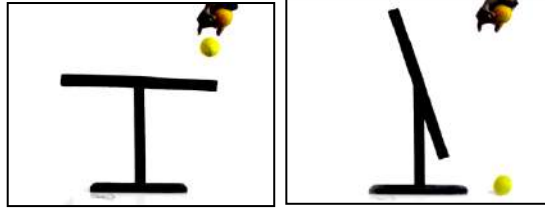
Pada demonstrasi pertama, dosen menjelaskan bahwa terdapat dua silinder yang dihubungkan dengan tali dan akan di tarik (diberikan gaya), tetapi dengan posisi tali yang berbeda yaitu seperti ditunjukkan pada Gambar 5.2. Demonstrasi tersebut bertujuan untuk menunjukkan perbedaan efek yang dihasilkan oleh gaya yang sama tetapi bekerja pada titik yang berbeda pada suatu benda. Sebelum demonstrasi, mahasiswa membuat prediksi yang berkaitan dengan apa yang terjadi dengan gerak benda dan memberikan penjelasan mengenai gerak benda pada demonstrasi.



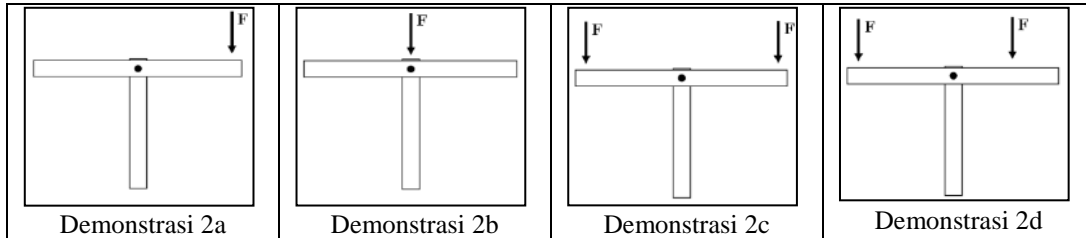
Gambar 5.2. (a) Desain Alat Demonstrasi ke-1 (b) Sketsa Demonstrasi 1

Setelah dosen memberikan penjelasan, mahasiswa membuat suatu proyek sederhana berbasis STEM dengan tujuan untuk mengetahui apa yang akan terjadi pada kedua silinder. Berdasarkan hasil kegiatan proyek yang telah dilakukan sebagian besar mahasiswa setuju bahwa silinder yang ditarik pada pusat massanya akan bergerak lurus dan silinder yang ditarik dengan tali yang dililitkan akan berputar (bergerak rotasi), tetapi sebagian besar mahasiswa tidak dapat memberikan penjelasan dengan tepat. Setelah mahasiswa melakukan kegiatan proyek, dosen melakukan demonstrasi di depan kelas. Dosen memberikan pertanyaan “*Mengapa gaya yang sama dapat menghasilkan gerakan yang berbeda?*” beberapa mahasiswa memberikan penjelasan “*Silinder bergerak rotasi karena tali dililitkan pada silinder*”, dan ada juga mahasiswa yang memberikan penjelasan karena *posisi gaya bekerja berbeda pada kedua silinder*.

Selanjutnya mahasiswa dibimbing oleh dosen untuk menyimpulkan bahwa gaya pada pusat massa akan menghasilkan gerak lurus dan gaya pada jarak tertentu dari pusat massa akan menghasilkan gerak rotasi. Penyebab suatu benda bergerak secara rotasi disebut dengan momen gaya atau torsi yang disimbolkan dengan τ .



Gambar 5.3. Desain Alat untuk Demonstrasi ke-2 (Pertemuan ke-1)



Gambar 5.4. Empat Variasi Demonstrasi

Untuk menunjukkan konsep torsi, dilakukan kegiatan proyek kedua (Gambar 5.3) yang merupakan penegasan atau verifikasi untuk kegiatan proyek pertama. Satu atau dua gaya diberikan pada sebuah batang yang dapat berotasi dengan bebas pada sumbu rotasinya dan bola digunakan sebagai agen pemberi gaya. Terdapat 4 variasi gaya atau kombinasi gaya yang diselidiki yang ditunjukkan pada Gambar 5.4. Mahasiswa membuat prediksi sebelum kegiatan proyek, kemudian memperhatikan hasil proyek untuk membandingkan prediksi dengan hasil.

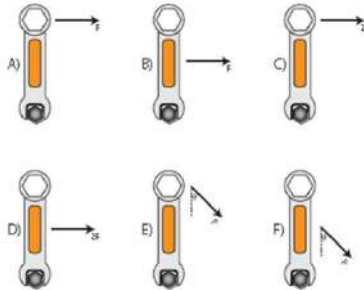
Berdasarkan demonstrasi 2a mahasiswa mendapatkan bahwa “Gaya yang diberikan pada salah satu ujung batang dapat menghasilkan gerak rotasi”. Pada kegiatan 2b mahasiswa menjelaskan bahwa “Gaya yang menuju titik pusat benda tidak menghasilkan gerak rotasi”. Dari kedua kegiatan tersebut mahasiswa dapat melihat bagaimana efek dari posisi gaya yang berpengaruh terhadap gerak rotasi.

Kegiatan 2c dan 2d dapat menunjukkan bagaimana pengaruh dari vektor posisi terhadap torsi. Pada kegiatan 2c, mahasiswa mendapatkan hasil bahwa “Benda akan diam karena gaya yang sama dan jarak kedua gaya terhadap titik putar sama”. Pada kegiatan 2d, mahasiswa menjelaskan bahwa “Benda akan berotasi walaupun gaya yang diberikan sama tetapi dua gaya bekerja dengan posisi gaya yang berbeda”. Gaya dengan posisi yang lebih jauh dari titik putar menghasilkan torsi yang lebih besar.

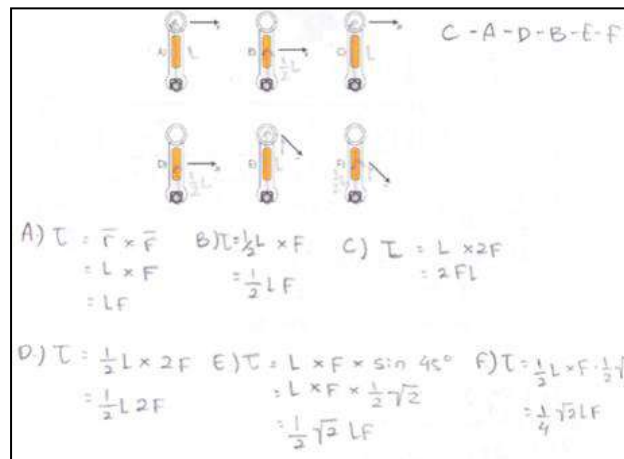
Setelah kegiatan proyek dan diskusi dilakukan, dosen bersama mahasiswa menyimpulkan bahwa semakin besar jarak gaya bekerja terhadap sumbu putar maka semakin besar torsi yang dihasilkan. Torsi disimpulkan sebagai perkalian vektor antara gaya dan vektor posisi. Secara

matematis ditunjukkan $\tau = \mathbf{r} \times \mathbf{f}$. Kemudian mahasiswa membuat kesimpulan mengenai kegiatan proyek dan dilanjutkan dengan latihan soal. Berikut contoh latihan soal yang diberikan,

Gaya diberikan untuk membuka baut seperti pada diagram di bawah (Gambar 5.5). Tentukan besar torsi dari masing-masing diagram, di mana panjang pembuka baut adalah L dan urutkan diagram tersebut dari diagram dengan torsi paling besar ($\theta = 45^\circ$).



Gambar 5.5 Variasi Gaya untuk Membuka Baut

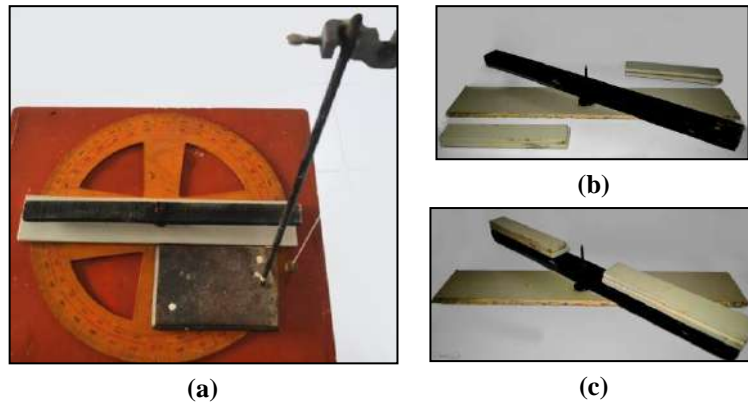


Gambar 5.6 Jawaban Latihan Soal oleh Siswa

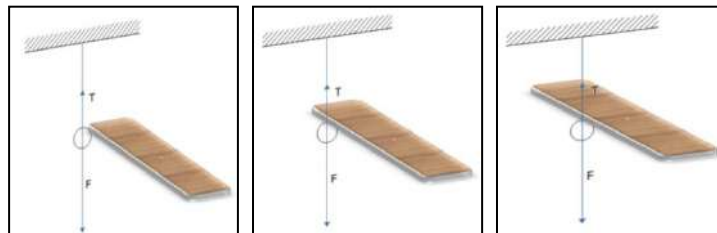
Penjelasan jawaban yang diberikan oleh mahasiswa yang ditunjukkan pada Gambar 5.6 sudah benar, tetapi mahasiswa hanya keliru menempatkan urutan diagram B dan E. Seharusnya torsi pada diagram E lebih besar dari pada torsi pada diagram B. Mahasiswa kemudian melanjutkan mengerjakan soal-soal yang berhubungan dengan konsep torsi, namun dengan terdiri dari lebih dari satu gaya, seperti pada kasus jungkat-jungkit dan pada sebuah bidang koordinat pada LKP. Kemudian dosen mengarahkan untuk mengerjakan soal latihan yang belum dikerjakan untuk diselesaikan di rumah. Dosen juga menyampaikan materi yang akan dipelajari pada pertemuan selanjutnya.

2. Pembelajaran Hukum II Newton Pada Gerak Rotasi

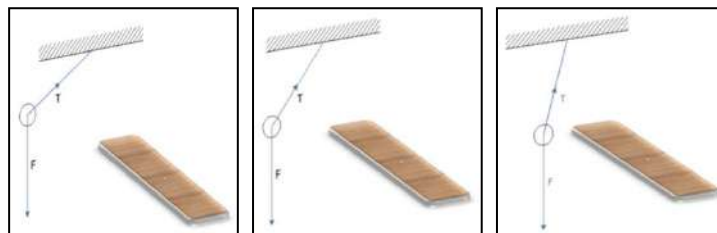
Pembelajaran selanjutnya adalah menghubungkan kedua konsep tersebut dalam hukum Newton pada gerak rotasi. Pembelajaran diawali dengan pembagian lembar kerja mahasiswa dan kelompok mahasiswa dan diikuti dengan beberapa pertanyaan dari dosen mengenai konsep yang telah dipelajari sebelumnya, yaitu torsi dan momen inersia.



Gambar 5.7 (a) Desain Alat Proyek Pertemuan ke-2. (b) Desain Papan yang Dapat Berotasi Bebas pada Pusat Massanya (c) Desain Alat dengan Penambahan Massa



Gambar 5.8 Percobaan dengan Gaya yang Sama tetapi Bekerja Pada Titik yang Berbeda



Gambar 5.9 Percobaan dengan Besar Gaya yang Berbeda Bekerja Pada Titik yang Sama.

Untuk memberikan penjelasan mengenai hukum Newton pada gerak rotasi, dilakukan empat kali kegiatan percobaan berdasarkan tugas proyek yang diberikan. percobaan dilakukan dengan desain alat seperti ditunjukkan pada Gambar 5.7, yaitu papan yang dapat berotasi dengan

bebas pada pusat massanya, busur derajat digunakan sebagai indikator gerakan papan dan massa pendulum digunakan sebagai agen pemberi gaya pada papan.

Selama kegiatan percobaan hasil proyek dilakukan empat variasi percobaan. Kegiatan pertama untuk menunjukkan pengaruh torsi terhadap gerak benda. Kegiatan kedua dilakukan sebanyak tiga kali dengan besar gaya yang sama tetapi gaya bekerja pada tiga titik yang berbeda seperti pada Gambar 5.8. Kegiatan ketiga juga dilakukan sebanyak tiga kali dengan besar gaya yang berbeda tetapi bekerja pada titik yang sama pada papan seperti pada Gambar 5.9 (dengan asumsi semakin besar amplitudo ayunan pendulum maka semakin besar gaya). Kegiatan keempat untuk menunjukkan pengaruh massa terhadap gerakan rotasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.8(c).

Pada percobaan pertama, semua mahasiswa menjawab bahwa papan akan berotasi, tetapi hanya sebagian yang memberikan penjelasan dengan tepat. Mahasiswa bersama dosen menyimpulkan berdasarkan pada percobaan pertama bahwa balok akan bergerak rotasi jika terdapat torsi yang bekerja pada balok. Pada percobaan tersebut, torsi dihasilkan dari gaya yang diberikan oleh massa pendulum.

Kemudian dosen memberikan pertanyaan "*Besaran apa yang menunjukkan gerakan benda?*" Sebagian siswa menjawab "*Kecepatan*". Kemudian dosen menghubungkan konsep tersebut pada gerak lurus (hukum Newton II translasi), jika terdapat gaya maka benda akan bergerak, besaran apa yang menunjukkan gerakan benda yang lurus pada hukum Newton II? mahasiswa menjawab "*Percepatan*". Dosen merespon dengan pertanyaan, bagaimana jika kasus tersebut pada gerak rotasi, besaran apa yang lebih tepat menunjukkan gerakan benda, mahasiswa kembali menjawab, "*Percepatan*", salah satu mahasiswa menjelaskan bahwa yang lebih tepat adalah percepatan sudut karena benda bergerak secara rotasi.

Kemudian percobaan kedua dan ketiga dilakukan untuk menunjukkan pengaruh torsi terhadap gerakan benda. Percobaan kedua diarahkan pada kesimpulan bahwa semakin besar vektor posisi maka semakin besar torsi dan semakin cepat benda bergerak, sedangkan percobaan ketiga diarahkan pada kesimpulan bahwa semakin besar gaya maka torsi juga semakin besar sehingga menghasilkan gerakan yang semakin cepat.

Kemudian mahasiswa bersama dosen membuat kesimpulan awal mengenai konsep torsi dan hubungannya dengan percepatan sudut, yaitu semakin besar torsi (semakin besar gaya atau semakin besar jari-jari) maka semakin besar percepatan sudut yang dihasilkan atau dengan kata

lain torsi sebanding dengan percepatan sudut. Kesebandingan dapat menjadi suatu persamaan jika kedua besaran koheren (memiliki besar dan satuan yang sama), jika besaran tidak koheren maka dibutuhkan besaran lain untuk mengubah kesebandingan menjadi persamaan.

Percobaan keempat menunjukkan pengaruh momen inersia terhadap gerakan rotasi benda (Gambar 5.9c). Dosen menjelaskan bahwa papan akan memperoleh gaya yang sama besar dan gaya dikerjakan pada titik yang sama, tetapi massa papan bervariasi. Mahasiswa membuat prediksi dan selanjutnya dilakukan percobaan untuk membandingkan prediksi yang dibuat oleh mahasiswa. Sebagian besar prediksi mahasiswa benar, yaitu papan dengan massa yang lebih besar bergerak lebih lambat atau memiliki percepatan yang kecil.

Setelah demonstrasi, dosen memberikan pertanyaan “*Mengapa papan dengan massa yang lebih besar bergerak lebih lambat*”. Mahasiswa memberikan penjelasan bahwa massa tersebut berkontribusi terhadap momen inersia. Kemudian mahasiswa bersama dosen menyimpulkan pengaruh momen inersia terhadap gerakan benda (percepatan), yaitu semakin besar massa benda maka semakin besar momen inersia sehingga semakin susah benda untuk bergerak atau dengan kata lain momen inersia berbanding terbalik dengan percepatan sudut benda. Sehingga ditemukan persamaan

$$\tau = I\alpha$$

Kemudian siswa membuat kesimpulan pada lembar kerja siswa yang telah disiapkan oleh dosen dan dilanjutkan dengan latihan soal. Berikut contoh latihan soal yang diberikan.

Gaya diberikan pada sebuah kunci untuk membuka baut dengan momen inersia tertentu, baut tersebut dapat berotasi secara bebas pada pusatnya. Urutkan percepatan sudut yang dihasilkan pada baut dari yang terbesar!

5.2 Luaran yang Telah dicapai

Berdasarkan rencana luaran yang diajukan pada proposal penelitian, terdapat tiga luaran wajib yang telah dicapai sebagai bentuk keberhasilan dari penelitian, yaitu pemakalah seminar internasional, Hak kekayaan Intelektual dan Submit Jurnal internasional bereputasi. Adapun ringkasan luaran yang telah dicapai disajikan pada Tabel 5.1 dengan penjelasan dan bukti dibawah ini

Tabel 5.1 Luaran yang Telah Dicapai

No	Jenis Luaran	Target	Ketercapaian
1	Artikel ilmiah dimuat di jurnal	Internasional Terindeks	Submitted
		Nasional Terakreditasi	
2	Artikel ilmiah dimuat di Prosiding	Internasional terindeks	
		Nasional Terakreditasi	
3	Pemakalah dalam temu ilmiah ³⁾	Internasional	Terlaksana
		Nasional	
4	<i>Invited Speaker</i> dalam temu ilmiah ⁴⁾	Internasional	
		Nasional	
5	<i>Visiting Lecturer</i> ⁵⁾	Internasional	
6	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Paten	
		Paten sederhana	
		Hak Cipta	Draf
		Merek dagang	
		Rahasia dagang	
		Desain produk industry	
		Indikasi geografis	
		Perlindungan variates tanaman	
Perlindungan topografi sirkuit terpadu			
7	Teknologi Tepat Guna ⁷⁾		
8	Model/Purwarupa/Desain/Karya seni/ Rekeyasa Sosial ⁸⁾		
9	Buku Ajar (ISBN) ⁹⁾		
10	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) ¹⁰⁾		
11	Proposal tugas akhir mahasiswa	Draf	Terlaksana

5.2.1 Luaran 1 (Pemakalah dalam Temu Ilmiah Internasional)

Salah satu hasil penelitian, yaitu bagian dari jawaban rumusan masalah 1 telah tim peneliti presentasikan dalam seminar internasional, yaitu ***Green 4th Development International Conferences (GDIC)*** yang dilaksanakan pada tanggal 1-2 Oktober 2022. Adapun topik yang dipresentasikan adalah “*Analysis of Students' Critical Thinking Skill Based on STEM Learning*”, yaitu pengelompokkan kemampuan berpikir mahasiswa menjadi tiga sistem berpikir, yaitu

sistem berpikir 1 untuk mahasiswa yang menjawab dengan cepat dan berdasarkan intuisi, sistem berpikir 2 untuk mahasiswa yang menjawab lebih lambat dan dengan tujuan yang jelas berdasarkan aspek kemampuan berpikir kritis dan sistem berpikir 0 untuk jawaban mahasiswa yang kosong. **Bukti sertifikat presenter dan abstrak ditampilkan pada Lampiran 1.**

5.2.2 Luaran 2 (Artikel Ilmiah yang Dimuat Di Jurnal internasional Bereputasi)

Hasil penelitian yang telah di presentasikan dalam *Green 4th Development International Conferences (GDIC)*, selanjutnya tim peneliti kembangkan menjadi sebuah artikel. Dalam artikel ini, peneliti menyajikan hasil dari rumusan masalah 1 secara lengkap, yaitu bagaimana kemampuan berpikir kritis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) pada Materi Dinamika Rotasi. Artikel telah di submit di *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)* terindeks Sinta 1 dan Scopus Q3 dan ditarget terbit di tahun 2023. **Bukti submit dan draf artikel ditampilkan pada Lampiran 2.**

5.2.3 Luaran 3 (Hak Kekayaan Intelektual)

Salah satu produk yang dihasilkan dari penelitian ini sebagai alat penilaian adalah kisi-kisi instrumen tes berpikir kritis. Kisi-kisi Instrumen yang telah dikembangkan dan telah dilakukan validasi ahli dan validitas empiris oleh tim peneliti, selanjutnya telah didaftarkan sebagai Hak Kekayaan Intelektual (HKI). Terdapat 8 soal tes yang telah disusun disesuaikan dengan indikator kemampuan berpikir kritis. **Bukti sertifikat HKI dan Draf HKI dapat dilihat pada Lampiran 3.**

5.2.4 Luaran 4 (Proposal Tugas Akhir Mahasiswa)

Dalam penelitian ini, tim peneliti juga membuat suatu payung penelitian yang melibatkan satu mahasiswa. Mahasiswa diberikan topic yang memiliki keterkaitan dengan topic penelitian tim peneliti dan dijadikan proposal tugas akhir. Keterlibatan mahasiswa bertujuan agar dihasilkan suatu artikel ilmiah ilmiah yang bersumber dari mahasiswa. **Proposal tugas akhir mahasiswa dapat dilihat pada Lampiran 4.**

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa berada pada kategori sedang. Walaupun pengaruh pembelajaran *STEM-Project Based Learning* (STEM-PjBL) terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa berada pada kategori tinggi dengan nilai effect size yang lebih besar dari 1.
2. Berdasarkan system berpikir, pada saat *post-test* terdapat peningkatan pada sistem berpikir 2 sebanyak 56 jawaban secara keseluruhan. Selain itu sistem berpikir 2 juga hampir sebanding dengan sistem berpikir 1 kecuali pada aspek *reasoning*. Pada soal tersebut sistem berpikir 1 lebih dominan dibandingkan dengan sistem berpikir 2. Pada keempat soal dan aspek kemampuan berpikir kritis lainnya, sistem berpikir 2 sebanding dengan sistem berpikir 1 bahkan pada soal nomor 3 sistem berpikir 2 lebih dominan. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa setelah memperoleh pembelajaran *STEM-Project Based Learning* (STEM-PjBL).

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dalam penelitian ini, disarankan untuk peneliti lainnya melakukan penelitian lebih lanjut terkait efektivitas STEM-PjBL pada materi dan konsep fisika lainnya. Hal ini dengan tujuan agar kekurangan-kekurangan dari STEM-PjBL terlihat jelas, dan desain pembelajaran STEM-pjBL dapat dilakukan revisi demi peningkatan pada kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project based learning integrated to stem to enhance elementary school's students scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 261–267. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.5493>
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
- Close, H. G., Gomez, L. S. & Heron, R. L. 2013. Student understanding of the application of Newton's Second Law to Rotating Rigid Bodies. *Physics Education Research Section*, 81 (6): 458-470.
- Etkina, E., & Planinšič, G. (2015). Defining and Developing “Critical Thinking” Through Devising and Testing Multiple Explanations of the Same Phenomenon. *The Physics Teacher*, 53(7), 432–437. <https://doi.org/10.1119/1.4931014>
- Green, S. L. (2014). STEM education: How to train 21st century teachers. In *STEM Education: How to Train 21st Century Teachers*.
- Hong, J. C., Chen, M. Y., Wong, A., Hsu, T. F., & Peng, C. C. (2012). Developing physics concepts through hands-on problem solving: A perspective on a technological project design. In *International Journal of Technology and Design Education* (Vol. 22, Issue 4, pp. 473–487). <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9163-7>
- Isgro, K., & Deal, M. (2013). The Colloquium as a Pedagogy of Dialogue. *College Teaching*, 61(3), 90–94. <https://doi.org/10.1080/87567555.2013.767777>
- Ismail, I., Permanasari, A., & Setiawan, W. (2016). Stem virtual lab: An alternative practical media to enhance student's scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 239–246. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.5492>
- Khasanah, N., & Yulianti, L. (2016). PROBLEMS IN DYNAMICS OF ROTATIONAL MOTION TOPIC. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 186–191. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.5921>
- Krathwohl, D. R. (2002). *A Revision of Bloom 's Taxonomy : An Overview*. 41(4).
- Kladivova, M. & Mucha, L. 2014. Physical Pendulum-A Simple Experiment Can Give Comprehensive Information About Rigid Body. *European Journal of Physics*, 35 (2014), 1-14.
- Leyvraz, F. 2015. Understanding Rigid Body Motion in Arbitrary Dimensions. *European Journal of Physics*, 36 (3): 1-17.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1).

<https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>

- Mulyani, T. (2019). The Movement of STEM Education in Indonesia: Science Teachers' Perspectives. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(3), 453–460. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19252>
- Mashood, K. K. & Singh, V. A. 2015. Rotational kinematics of a Rigid Body About a Fixed Axis: Development and Analysis of an Inventory. *European Journal of Physics*, 36 (4): 1-20.
- Mashood, K. K. & Singh, V. A. 2012. An Inventory of Rotational Kinematics of Particle: Unrevealing Misconceptions and Pitfalls in Reasoning. *European Journal of Physics*, 33 (5): 1301-1312.
- Mutakinati, L., Anwari, I., & Yoshisuke, K. (2018). Analysis of students' critical thinking skill of middle school through stem education project-based learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 54–65. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.10495>
- Nugraha, M. G., Kaniawati, I., Rusdiana, D., & Kirana, K. H. (2016). Combination of inquiry learning model and computer simulation to improve mastery concept and the correlation with critical thinking skills (CTS). *AIP Conference Proceedings*, 1708(2016). <https://doi.org/10.1063/1.4941181>
- Nugroho, O. F., Permanasari, A., & Firman, H. (2019). The movement of stem education in Indonesia: Science teachers' perspectives. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(3), 417–425. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19252>
- O'Dwyer, A. (2009). *Prior understanding of basic electrical circuit concepts by first year engineering students*. 1–5. <http://arrow.dit.ie/engscheleart/112/>
- Ortiz, L G., Heron, P. R., & Shaffer, P. S. 2005. Student Understanding of Static Equilibrium: Predicting and Accounting for Balancing. *American Journal of Physics*, 73 (6): 545-553.
- Pranata Ogi Danika, Yuliati Lia, Wartono. (2017). *Journal of Education and Learning*. Vol. 11 (3) pp. 291-298
- Rimoldini, L. G. & Singh, C. 2005. Student Understanding of Rotational and Rolling Motion Concepts. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res*, 1 (010102): 1-9.
- Robinson, S. J. 2014. Connecting the Mathematical and Conceptual Views of Angular Momentum. *Physics Education*, 49 (2): 144-148.
- Steinberg, R. N., Cormier, S., & Fernandez, A. (2009). Probing student understanding of scientific thinking in the context of introductory astrophysics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5(2), 1–10. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.020104>
- Tecson, C. M. B., Salic-Hairulla, M. A., & Soleria, H. J. B. (2021). Design of a 7E model

inquiry-based STEM (iSTEM) lesson on digestive system for Grade 8: An open-inquiry approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1835(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1835/1/012034>

Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldeslassie, A. G., Elen, J., & Janssen, R. (2017). Measuring Critical Thinking in Physics: Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 663–682. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9723-0>

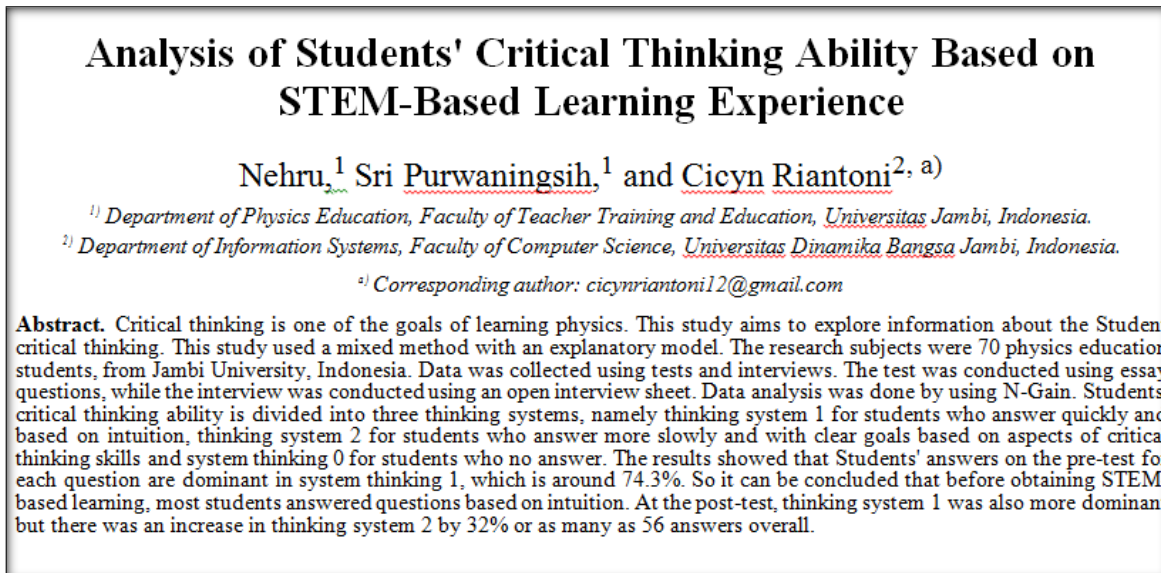
Tiruneh, D. T., Weldeslassie, A. G., Kassa, A., Tefera, Z., De Cock, M., & Elen, J. (2016). Systematic design of a learning environment for domain-specific and domain-general critical thinking skills. *Educational Technology Research and Development*, 64(3), 481–505. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9417-2>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Luaran Pemakalah dan Abstrak dalam Temu Ilmiah Internasional



Gambar L.1.1 Bukti Sertifikat Presenter



Gambar L.1.2. Abstrak Seminar Internasional

Lampiran 2. Luaran Publikasi pada Jurnal Internasional Bereputasi

The screenshot displays the author's active submissions page on the IJERE website. The header includes the journal logo, URL, ISSN, and various accreditation logos (ERIC, Scopus, Q3, SRI 2021, SNIP 2021, and Intelektual Pustaka Media Utama). The navigation menu includes Home, About, User Home, Search, Current, Archives, and Announcements.

The main content area shows the breadcrumb trail: Home > User > Author > Active Submissions. The title "Active Submissions" is prominently displayed. Below it, there are tabs for "ACTIVE" and "ARCHIVE".

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
25692	10-12	Curriculum	Nehru, Purwaningsih, Riantoni	ANALYSIS OF STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILL BASED ON...	IN REVIEW

Below the table, it indicates "1 - 1 of 1 Items". There is a link to "Start a New Submission" and a note to "CLICK HERE to go to step one of the five-step submission process.".

The "Rebacks" section shows tabs for "ALL", "NEW", "PUBLISHED", and "IGNORED". The table below it is currently empty, with the message "There are currently no rebacks." and buttons for "Publish", "Ignore", "Delete", and "Select All".

On the right side, there are several utility boxes: "USER" (logged in as nehru, with links for My Profile and Log Out), "CITATION ANALYSIS" (links to Google Scholar, Scholar Metrics, Scinapse, Scopus, ERIC, and Web of Science), "QUICK LINKS" (links to Author Guideline, Editorial Boards, Reviewers, Online Submissions, Abstracting and Indexing, Publication Ethics, Visitor Statistics, and Contact Us), and "AUTHOR" (Submissions).

Gambar L.2.1 Bukti Submit di *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*

Analysis of Students' Critical Thinking Skill Based on STEM-Project Based Learning

Nehru¹, Sri Purwaningsih¹, and Cicyn Riantoni²

¹Department of Physics Education, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Jambi, Indonesia.

²Department of Information Systems, Faculty of Computer Science, Universitas Dinamika Bangsa Jambi, Indonesia

Article Info

Article history:

Received mm dd, yyyy

Revised mm dd, yyyy

Accepted mm dd, yyyy

Keywords:

Critical Thinking Skill

Dynamic Rotation

STEM

Project Based Learning

PjBL

ABSTRACT

The critical thinking skills is a very important ability to be developed in the field of education. The aims of this research was to assess students' critical thinking skills based on STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) on rotational dynamics material. The method used was a mixed method with an explanatory design. The research subjects were 70 students of Physics Education Program in Jambi University. Data was collected by means of structured tests and interviews. The test instrument used critical thinking questions compiled based on the Halpern Critical Thinking Assessment (HCTA) indicator, while the interview instrument used open ended questions. Data analysis was carried out using paired t test and N-gain. The results of the research showed that the increase in students' critical thinking skills was in the medium category. Although the effect of STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) on students' critical thinking skills is in the high category. In addition, based on system thinking at the post-test there was an increase in system thinking based on critical thinking aspect as much as 56 overall answer. This shows an increase in students' critical thinking skills after obtaining STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) learning.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Nehru

Department of Physics Education, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Jambi, Indonesia

Email: nehru@unja.ac.id

1. INTRODUCTION (10 PT)

The Dynamics is one of the most important and fundamental topics in physics. Dynamics are divided into translational dynamics and rotational dynamics. Students' difficulties in translational dynamics have been widely studied in educational research, but there is little research on rotational dynamics [1]–[3]. Whereas rotational dynamics is a material that is difficult for students to understand [4]–[6].

Several studies reveal that there are many difficulties experienced by students in rotational dynamics material. Students have difficulty understanding the basic concepts of rotational motion [6], the influence of forces on rotational motion [2], the basic concepts of

torsion [7], and the moment of inertia [7]. Students also have difficulty with the concepts of angular momentum [8], [9] and rigid body balance [6], [9].

In educational research, mastery of the concept of a material and higher-order thinking skills become a priority [10]. Mastery of concepts is part of cognitive abilities that show students' ability to connect concepts to obtain a conclusion. Difficulties and misconceptions experienced by students can be reduced by focusing on mastering concepts [1], [11] and by involving thinking processes [12]. Higher order thinking skills that need to be applied in learning are critical thinking skills. All physics lecturers would agree that the main reason for students to study physics is to learn how to think critically [13], [14]. For this reason, it is very important for students to have good critical thinking skills [15].

The Critical thinking skills is the main goal in science education. At first, efforts to develop critical thinking skills were separate from the science taught in schools [16]. Because of the importance of critical thinking skills in education, critical thinking skills are starting to be embedded in science taught in schools or higher education institutions. For this reason, critical thinking skills are very dependent on the material being taught.

The Critical thinking skills are also very important to be embedded in physics learning. The success of learning by involving critical thinking skills requires thinking processes such as predicting, analyzing, synthesizing, evaluating, reasoning, and so on [17]. Learning by instilling indicators of critical thinking skills in a material taught in class has proven successful in improving students' critical thinking skills in general [18].

Critical thinking skills can help students in reasoning, reflecting, and making decisions [17], [19]. Critical thinking skills can also help students in processing information and making logical decisions [20]. Critical thinking skills are associated with the top three levels of Bloom's taxonomy [21]. The top three levels of Bloom's taxonomy are analyzing, evaluating, and creating [21].

Students are more interested in physical examples than principles that are abstract and not connected to the real world. The right learning as a solution to improve students' critical thinking skills is to apply project-based learning or called project-based learning (PjBL). The application of PjBL in physics learning is known to improve cognitive learning outcomes [22], form environmentally friendly attitudes and behavior [23], [24], scientific process skills [25], and effective learning [26], [27]. PjBL is more suitable for critical thinking indicators because it naturally involves many different skills, such as reading, writing, mathematics and helps the construction of conceptual knowledge through the assimilation of other different subjects [28] so that it is expected to be able to construct all student abilities.

In addition to PjBL, current learning needs to follow trends in the era of globalization, one of which is by integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). The relationship between mathematics and technology or other knowledge cannot be separated in science learning. STEM is a discipline that is interrelated with one another. Science requires mathematics as a data analysis tool, while technology and engineering are applications of science. The STEM approach in learning is expected to provide meaningful learning to students through the systematic integration of knowledge, concepts and skills.

Several studies on STEM-project based learning (STEM-PjBL) discuss more about its effectiveness on scientific literacy [29], concept mastery [30], problem solving [31]. Very few studies have discussed its effect on students' critical thinking skills. Therefore, in this study, we will discuss "Assessing Students' Critical Thinking Ability Using Halpern Critical Thinking

Assessment (HCTA) Based on the Application of STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) in Rotational Dynamics Materials".

2. METHOD (10 PT)

This research used mixed method with explanatory models (Creswell & Clark, 2007). The research design used in this research is shown in Figure 1.

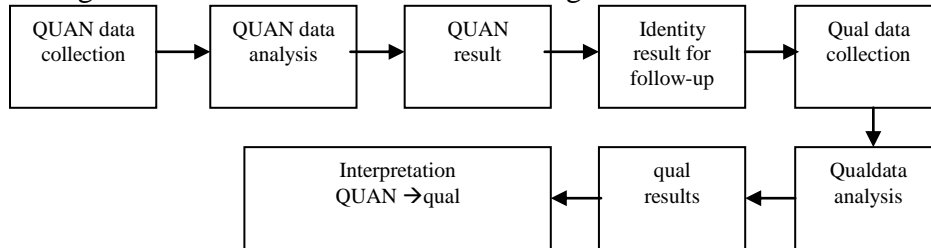


Figure 1. Explanatory Design: Follow-up Explanation Model (QUAN Emphasized) (Creswell & Clark, 2007)

The research subjects were the second' year undergraduate students of Physics Education in Jambi State University. The number of respondents was 70. Sampling was done by purposive sampling technique. Data in this research were obtained through tests and interviews. Tests were carried out using 4 items of reasoned multiple choice questions developed from Halpern Critical Thinking Assesment (HCTA). The research began with pre-test and implementation of the STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) .

Analysis of critical thinking skills is based on data on the suitability of students' answers with multiple choice and reasons. The assessment was carried out using a rubric. Each correct answer for one multiple choice will get a score of 1, while students who provide reasons or explanations are given additional scores depending on how many supporting concept criteria the reasons are found. Each correct concept found in the reasoning is given a score of 0.5. Quantitative data analysis was carried out using paired t-test and effect size to determine the operational strength of open inquiry learning to improve students' conceptual understanding. Qualitative data analysis was carried out on students' reasons for each number of questions and adjusted to the interview data.

3. RESULTS AND DISCUSSION (10 PT)

The students' critical thinking skills was obtained based on the description of the answers during the pretest and posttest. The distribution of aspects of critical thinking skills is applied to each question and its assessment rubric. The scoring rubric is very dependent on the conditions of the questions used. All questions use identical assessments, with a maximum score of 4. This scoring system is adapted from the critical thinking ability assessment developed by Tiruneh, et al. (2016).

Descriptive data regarding the thinking skills of students who receive STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) are shown in Table 1.

Table 1. Descriptive Statistics of Students' Critical Thinking Skills

Category	Pre-test	Post-test
Population	70	70
Mean	7,59	51,03
Standard Deviation	4,06	22,29

<i>Skewness</i>	0,83	0,173
Minimum	2,30	12,60
Maximum	17,10	94,30

Based on the skewness value, it shows that the pre-test and post-test data of students' critical thinking skills are normally distributed with a skewness value between +1 and -1 in the pre-test and post-test. Because the data is normally distributed, then the paired sample t-test, N-gain score and effect size test are then carried out with the results shown in Table 2.

Table 2. t-value, N-gain Score, and Effect Size for Students' Critical Thinking Skills

Category	Skills
<i>Paired t test</i>	12,48
Signifikansi	0,00
<i>N-gain Score</i>	0,5
<i>Effect size</i>	2,1

The difference between the average pre-test and post-test values is indicated by the t-value, which is 12.48. The critical thinking ability of students who received STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) increased as indicated by the N-gain score of 0.5. This value indicates that the increase is in the moderate category. The effect of STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) learning on students' critical thinking skills is in the high category with an effect size value greater than 1.

Students' thinking abilities are grouped into three thinking systems, namely thinking system 1 for students who answer quickly and based on intuition, thinking system 2 for students who answer slower and with clear goals based on aspects of critical thinking skills and system thinking 0 for students' answers that empty. The three thinking systems of students when answering questions before and after obtaining STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) learning are shown in Figure 2.

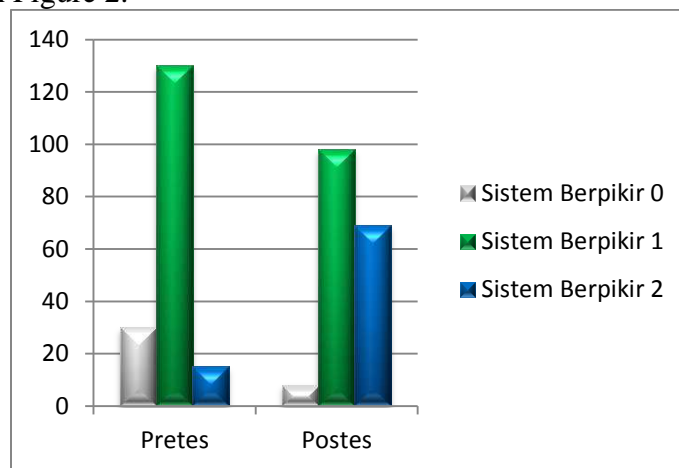


Figure 2. Student Thinking System on Pre-test and Post-test

Five aspects of critical thinking skills are represented by each test item. The five aspects include Hypothesis Testing, Problem Solving and decision making, Likelihood and uncertainty analysis, Reasoning, Argument analysis. Based on Figure 5.1, students' answers in the pre-test for each dominant question in system thinking 1. So it can be concluded that before obtaining STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) learning, most of the students answered questions based on intuition according to system thinking 1 described by Halpern (2014).

At the post-test, thinking system 1 was also more dominant but there was an increase in thinking system 2 as many as 56 answers overall. In addition, system thinking 2 is also almost comparable to system thinking 1 except for the reasoning aspect. In this question, system thinking 1 is more dominant than system thinking 2. In the four questions and other aspects of critical thinking skills, system thinking 2 is comparable to system thinking 1 even in question number 3, system thinking 2 is more dominant. This shows an increase in students' critical thinking skills after obtaining STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) learning. This is in accordance with the N-Gain score and effect size that have been shown quantitatively.

4. CONCLUSION (10 PT)

Based on the results of the study, it can be concluded that the increase in students' critical thinking skills is in the medium category. Although the effect of STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) on students' critical thinking skills is in the high category with an effect size value greater than 1. In addition, based on system thinking, at the post-test there was an increase in system thinking. as many as 56 answers in total. In addition, system thinking 2 is also almost comparable to system thinking 1 except for the reasoning aspect. In this question, system thinking 1 is more dominant than system thinking 2. In the four questions and other aspects of critical thinking skills, system thinking 2 is comparable to system thinking 1 even in question number 3, system thinking 2 is more dominant. This shows an increase in students' critical thinking skills after obtaining STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) learning.

ACKNOWLEDGEMENTS (10 PT)

The authors would like to thank the LPPM Jambi University and Faculty of Education who have helped, facilitated, and financed this research.

REFERENCES

- [1] N. Khasanah and L. Yulianti, "PROBLEMS IN DYNAMICS OF ROTATIONAL MOTION TOPIC," *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 186–191, 2016, doi: 10.15294/jpii.v5i2.5921.
- [2] H. G. Close, L. S. Gomez, and P. R. L. Heron, "Student understanding of the application of Newton's second law to rotating rigid bodies," *Am. J. Phys.*, vol. 81, no. 6, pp. 458–470, 2013, doi: 10.1119/1.4797457.
- [3] I. Approach, B. R. Mainali, and A. Heck, "Comparison of Traditional Instruction on Reflection and Rotation in a Nepalese High School with an," *Int. J. Sci. Math. Educ.*, pp. 487–507, 2017, doi: 10.1007/s10763-015-9701-y.
- [4] A. Mason and C. Singh, "Surveying college introductory physics students attitudes and approaches to problem solving Using categorization of problems as an instructional tool to help introductory students learn physics," *Phys. Educ.*, p. 25009, doi: 10.1088/0031-9120/51/2/025009.
- [5] A. G. Valdenebro, "Visualizing rotations and composition of rotations with the Rodrigues vector," *Eur. J. Phys.*, vol. 37, no. 6, pp. 1–11, doi: 10.1088/0143-0807/37/6/065001.
- [6] I. Rahmawati, S. Sutopo, and S. Zulaikah, "Analysis of students' difficulties about rotational dynamics based on resource theory," *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 6, no. 1, pp. 95–102, 2017, doi: 10.15294/jpii.v6i1.9514.
- [7] E. Hecht, "Origins of Newton's First Law," *Phys. Teach.*, vol. 53, no. 2, pp. 80–83, 2015, doi: 10.1119/1.4905802.
- [8] C. Slezak, K. M. Koenig, R. J. Endorf, and G. A. Braun, "Investigating the effectiveness of the tutorials in introductory physics in multiple instructional settings," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–8, 2011, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.7.020116.
- [9] N. Fang, "Students' Perceptions of Dynamics Concept Pairs and Correlation with Their Problem-Solving Performance," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 21, no. 5, pp. 571–580, 2012, doi: 10.1007/s10956-011-9347-7.
- [10] R. N. Steinberg, S. Cormier, and A. Fernandez, "Probing student understanding of scientific thinking in the context of introductory astrophysics," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–10, 2009, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.5.020104.
- [11] Nehru, C. Riantoni, D. P. Rasmi, W. Kurniawan, and Iskandar, "Knowledge in pieces' view: Conceptual understanding analysis of pre-service physics teachers on direct current resistive electrical circuits," *J. Educ. Gift. Young Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 723–730, 2020, doi: 10.17478/jegys.695853.
- [12] M. G. Nugraha, I. Kaniawati, D. Rusdiana, and K. H. Kirana, "Combination of inquiry learning model and computer simulation to improve mastery concept and the correlation with critical thinking skills (CTS)," *AIP Conf. Proc.*, vol.

- 1708, no. 2016, 2016, doi: 10.1063/1.4941181.
- [13] E. Etkina *et al.*, “Scientific abilities and their assessment,” *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–15, 2006, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.2.020103.
- [14] E. Etkina, A. Karelina, M. Ruibal-Villasenor, D. Rosengrant, R. Jordan, and C. E. Hmelo-Silver, “Design and Reflection Help Students Develop Scientific Abilities: Learning in Introductory Physics Laboratories,” *J. Learn. Sci.*, vol. 19, no. 1, pp. 54–98, 2010, doi: 10.1080/10508400903452876.
- [15] B. J. Reiser, “Scaffolding Complex Learning: The Mechanisms of Structuring and Problematizing Student Work,” in *Scaffolding: A special issue of the journal of the learning sciences*, vol. 13, no. 3, 2018, pp. 273–304. doi: 10.4324/9780203764411-2.
- [16] T. Mulyani, “The Movement of STEM Education in Indonesia: Science Teachers’ Perspectives,” *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 8, no. 3, pp. 453–460, Sep. 2019, doi: 10.15294/jpii.v8i3.19252.
- [17] D. T. Tiruneh, M. De Cock, A. G. Weldelessie, J. Elen, and R. Janssen, “Measuring Critical Thinking in Physics: Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism,” *Int. J. Sci. Math. Educ.*, vol. 15, no. 4, pp. 663–682, 2017, doi: 10.1007/s10763-016-9723-0.
- [18] A. O’Dwyer, “Prior understanding of basic electrical circuit concepts by first year engineering students,” in *All-Ireland Society for Higher Education (AISHE) Conference, NUI Maynooth, 2009*, pp. 1–5. [Online]. Available: <http://arrow.dit.ie/engscheleart/112/>
- [19] D. T. Tiruneh, A. G. Weldelessie, A. Kassa, Z. Tefera, M. De Cock, and J. Elen, “Systematic design of a learning environment for domain-specific and domain-general critical thinking skills,” *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 64, no. 3, pp. 481–505, 2016, doi: 10.1007/s11423-015-9417-2.
- [20] D. Rosengrant, A. Van Heuvelen, and E. Etkina, “Do students use and understand free-body diagrams?,” *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–13, 2009, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.5.010108.
- [21] D. R. Krathwohl, “A revision of bloom’s taxonomy: An overview,” *Theory into Practice*, vol. 41, no. 4. pp. 212–218, 2002. doi: 10.1207/s15430421tip4104_2.
- [22] M. Johnson and M. Smith, “Designing Appropriate Scaffolding for Student Science Projects,” *J. Coll. Sci. Teach.*, vol. 38, pp. 24–29, 2008, [Online]. Available: http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ824987&site=ehost-live%5Cnhttp://www.nsta.org/publications/browse_journals.aspx?action=issue&id=10.2505/3/jcst08_038_02
- [23] A. Kilinc, T. Kelly, B. Eroglu, U. Demiral, T. Kartal, and A. Sonmez, “Stickers to Facts , Imposers , Democracy Advocators , and Committed Impartialists : Preservice Science Teachers ’ Beliefs About Teacher ’ s Roles in Socioscientific Discourses,” *Int. J. Sci. Math. Educ.*, pp. 195–213, 2017, doi: 10.1007/s10763-015-9682-x.
- [24] C. H. Tseng, H. L. Tuan, and C. C. Chin, “How to Help Teachers Develop Inquiry Teaching: Perspectives from Experienced Science Teachers,” *Res. Sci. Educ.*, vol. 43, no. 2, pp. 809–825, 2013, doi: 10.1007/s11165-012-9292-3.
- [25] E. Özer, E. Hamarta, and M. E. Deniz, “Emotional Intelligence, Core-Self Evaluation, and Life Satisfaction,” *Psychology*, vol. 07, no. 02, pp. 145–153, 2016, doi: 10.4236/psych.2016.72017.
- [26] I. Rahmat and S. Chanunan, “Open Inquiry in Facilitating Metacognitive Skills on High School Biology Learning: An Inquiry on Low and High Academic Ability Irwandi,” *Int. J. Instr.*, vol. 11, no. 4, pp. 593–606, 2018.
- [27] P. A. Ertmer and A. T. Ottenbreit-Leftwich, “Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect,” *J. Res. Technol. Educ.*, vol. 42, no. 3, pp. 255–284, 2010, doi: 10.1080/15391523.2010.10782551.
- [28] D. Jonassen, *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. Routledge, 2013. doi: 10.4324/9781410609519.
- [29] J. Afriana, A. Permanasari, and A. Fitriani, “Project based learning integrated to stem to enhance elementary school’s students scientific literacy,” *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 261–267, 2016, doi: 10.15294/jpii.v5i2.5493.
- [30] L. Mutakinati, I. Anwari, and K. Yoshisuke, “Analysis of students’ critical thinking skill of middle school through stem education project-based learning,” *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 7, no. 1, pp. 54–65, 2018, doi: 10.15294/jpii.v7i1.10495.
- [31] J. C. Hong, M. Y. Chen, A. Wong, T. F. Hsu, and C. C. Peng, “Developing physics concepts through hands-on problem solving: A perspective on a technological project design,” *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 22, no. 4. pp. 473–487, 2012. doi: 10.1007/s10798-011-9163-7.

Lampiran 3. Luaran HKI


REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	: EG00202266322, 19 September 2022
Pencipta	
Nama	: Nehru, Sri Purwaningsih dkk
Alamat	: Universitas Jambi, Jalan Raya Jambi Muara Bulian KM 15, Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Muaro Jambi, JAMBI, 36361
Kewarganegaraan	: Indonesia
Pemegang Hak Cipta	
Nama	: Nehru, Sri Purwaningsih dkk
Alamat	: Universitas Jambi, Jalan Raya Jambi Muara Bulian KM 15, Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Muaro Jambi, JAMBI, 36361
Kewarganegaraan	: Indonesia
Jenis Ciptaan	: Karya Tulis Lainnya
Judul Ciptaan	: Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Kritis
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	: 17 September 2022, di Jambi
Jangka waktu perlindungan	: Bertaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan	: 000382058

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
u.b.
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri


Anggoro Dasananto
NIP.196412081991031002



Gambar L.3.1 Bukti Sertifikat HKI

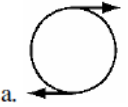
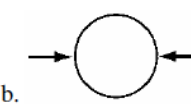
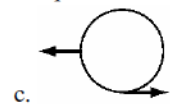
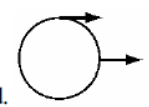

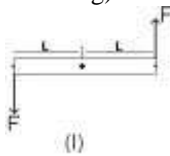
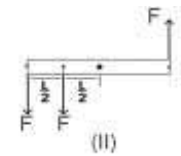
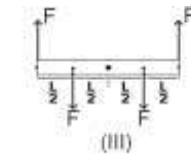
DINAMIKA ROTASI

DRAF HKI

Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Kritis

1) Nehru, S.Si., M.T 2) Dr.
Sri Purwaningsih M.Si 3)
Cicyn Riantoni, M.Pd 4)
Devie Novallyan, M.Pd

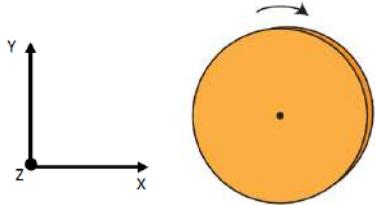
Instrumen untuk Mengukur Kemampuan Berpikir Kritis

Indikator Soal	Soal	Kunci dan rambu-rambu penskoran																				
		Jawaban	Penjelasan	Skor																		
Menganalisis gerak rotasi benda dilihat dari pengaruh torsi	<p>1. Perhatikan pernyataan berikut ini! Sepasang gaya dengan besar yang sama tetapi dengan arah yang berbeda bekerja pada sebuah silinder. Silinder tersebut bebas untuk berotasi pada sumbu yang melalui titik pusatnya. Diagram manakah yang menunjukkan bahwa silinder berada dalam keadaan setimbang? (Jelaskan alasan pilihan jawaban anda)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>a.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>b.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>c.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>d.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>e.</p> </div> </div>	b	<p>Untuk mencapai keadaan seimbang, resultan gaya dan torsi harus sama dengan nol.</p> <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Diagram</th> <th style="text-align: center;">Resultan gaya</th> <th style="text-align: center;">Resultan torsi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">-2Fr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">b</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">c</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">Fr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">d</td> <td style="text-align: center;">2F</td> <td style="text-align: center;">-Fr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">e</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">-2Fr</td> </tr> </tbody> </table> <p>Jadi keadaan setimbang ditunjukkan oleh diagram b.</p>	Diagram	Resultan gaya	Resultan torsi	a	0	-2Fr	b	0	0	c	0	Fr	d	2F	-Fr	e	0	-2Fr	
Diagram	Resultan gaya	Resultan torsi																				
a	0	-2Fr																				
b	0	0																				
c	0	Fr																				
d	2F	-Fr																				
e	0	-2Fr																				
	<p>2. Tentukan pilihan jawaban beserta alasan pilihan jawaban anda dari soal berikut ini! Benda tegar berbentuk batang dengan panjang $2L$. Pada batang tersebut bekerja gaya-gaya F dengan besar yang sama. Batang pada diagram manakah yang akan berotasi terhadap sumbu yang melalui pusat massa dan masuk bidang gambar? (catatan: resultan torsi yang tidak sama dengan nol yang bekerja pada batang)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>(I)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(II)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(III)</p> </div> </div> <p>a. Hanya (I). b. Hanya (II). c. Hanya (III). d. (I) dan (II). e. Resultan gaya sama dengan nol untuk semua kasus.</p>	d	<p>Untuk diagram I, kedua gaya menghasilkan torsi dengan arah yang sama sehingga resultan torsinya tidak sama dengan nol. Untuk diagram II, ketiga gaya menghasilkan torsi dengan arah yang sama sehingga resultan torsinya tidak sama dengan nol. Untuk diagram III, kedua torsi yang mengarah ke atas pada ujung batang menghasilkan torsi yang sama besar tetapi berlawanan arah sehingga sama dengan nol, begitu juga untuk kedua gaya yang mengarah pada ke bawah yang menghasilkan torsi yang sama besar tetapi berlawanan arah. Jadi keempat gaya tersebut menghasilkan resultan torsi yang sama dengan nol. Jadi benda akan berotasi ditunjukkan pada diagram III saja.</p>																			

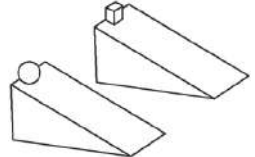
Indikator Soal	Soal	Kunci dan rambu-rambu penskoran														
		Jawaban	Penjelasan	Skor												
Menganalisis gerak rotasi benda berdasarkan hukum II Newton	<p>3. Tentukan pilihan jawaban beserta alasan pilihan jawaban anda dari soal berikut ini! Sebuah kunci dengan panjang berbeda digunakan untuk melepaskan baut heksagonal. Baut tersebut identik seperti pada diagram di bawah. Diagram manakah yang menunjukkan percepatan sudut baut yang paling besar?</p>	c	<p>Torsi yang dihasilkan oleh gaya sesuai dengan persamaan,</p> $\tau = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = rF \sin \theta$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>Pilihan</th> <th>Torsi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>FL</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>$2FL \sin 30^\circ = FL$</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>$2FL \cos 30^\circ = \sqrt{3}FL$</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>FL</td> </tr> <tr> <td>e</td> <td>FL</td> </tr> </tbody> </table> $\tau = I\alpha$ <p>Torsi sebanding dengan percepatan sudut dan karena baut identik sehingga memiliki momen inersia yang sama, percepatan sudut terbesar ditunjukkan oleh gambar c karena memiliki torsi yang paling besar.</p>	Pilihan	Torsi	a	FL	b	$2FL \sin 30^\circ = FL$	c	$2FL \cos 30^\circ = \sqrt{3}FL$	d	FL	e	FL	1
Pilihan	Torsi															
a	FL															
b	$2FL \sin 30^\circ = FL$															
c	$2FL \cos 30^\circ = \sqrt{3}FL$															
d	FL															
e	FL															

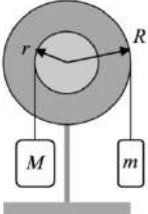
Indikator Soal	Soal	Kunci dan rambu-rambu penskoran		
		Jawaban	Penjelasan	Skor
Menganalisis momen inersia pada benda tegar	<p>4. Tentukan pilihan jawaban beserta alasan pilihan jawaban anda dari soal berikut ini! Dua buah bola pejal dengan massa m dan $2m$ terikat pada ujung batang dengan panjang $3x$ seperti pada gambar di bawah. Ukuran bola dan massa batang diabaikan. Besarnya momen inersia total dari sistem tersebut jika diputar dengan sumbu putar yang melalui titik x dan menuju bidang gambar adalah?</p> <p>a. $3 mx^2$ b. $4 mx^2$ c. $5 mx^2$</p>	d	<p>Momen inersia sistem adalah</p> $I = \sum mr^2$ $I = m(x)^2 + 2m(2x)^2$ $I = mx^2 + 8mx^2$ $I = 9mx^2$	1

	d. $9 mx^2$ e. $10 mx^2$			
--	-----------------------------	--	--	--

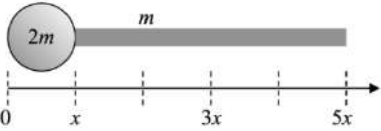
Indikator Soal	Soal	Kunci dan rambu-rambu penskoran		
		Jawaban	Penjelasan	Skor
Menganalisis arah momentum sudut pada gerak rotasi.	<p>5. Tentukan pilihan jawaban beserta alasan pilihan jawaban anda dari soal berikut ini! Sebuah piringan berotasi searah dengan arah jarum jam seperti yang ditunjukkan oleh gambar. Arah dari vektor momentum sudut adalah</p>  <p>a. Searah sumbu z positif (keluar dari bidang kertas) b. Searah sumbu z negatif (masuk bidang kertas) c. Searah sumbu y positif d. Searah sumbu y negatif e. Searah sumbu x positif</p>	b	Arah dari vektor momentum sudut dapat ditentukan dengan menggunakan aturan tangan kanan. Arahkan jari-jari tangan sesuai dengan arah rotasi dan ibu jari menunjukkan arah dari vektor momentum sudut. Jadi arah vektor momentum sudut adalah searah dengan sumbu z negatif (menuju bidang kertas).	1

Indikator Soal	Soal	Kunci dan rambu-rambu penskoran		
		Jawaban	Penjelasan	Skor
Menganalisis energi kinetik pada gerak rotasi	<p>6. Tentukan pilihan jawaban beserta alasan pilihan jawaban anda dari soal berikut ini! Dua benda bola dan balok dilepaskan dari keadaan diam pada bidang miring seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah. Bola menggelinding tanpa slip. Balok bergerak tanpa gesekan. Objek yang manakah yang mencapai dasar terlebih dahulu?</p>	d	Bola menggelinding pada bidang miring dengan mengubah energi potensial gravitasi menjadi energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi. Di sisi lain, balok tidak menggelinding sehingga semua energi potensial gravitasi diubah menjadi energi kinetik translasi. Hal tersebut mengakibatkan balok bergerak lebih cepat dibandingkan dengan bola sehingga balok sampai di dasar terlebih dahulu.	

	 <p>a. Bola, karena bola memperoleh energi kinetik rotasi, sedangkan balok tidak memperoleh energi kinetik rotasi.</p> <p>b. Bola, karena bola memperoleh energi mekanik yang disebabkan oleh adanya torsi yang bekerja pada bola.</p> <p>c. Balok, karena energi mekanik balok bertambah besar karena gesekan yang diabaikan</p> <p>d. Balok, karena balok tidak memperoleh energi kinetik rotasi, tetapi bola memperoleh energi kinetik rotasi</p> <p>e. Bola dan balok mencapai dasar pada waktu yang sama</p>			
--	--	--	--	--

Indikator Soal	Soal	Kunci dan rambu-rambu penskoran		
		Jawaban	Penjelasan	Skor
Menganalisis keseimbangan pada benda tegar	<p>7. Tentukan pilihan jawaban beserta alasan pilihan jawaban anda dari soal berikut ini!</p> <p>Suatu katrol yang terdiri dari dua piringan padat dengan jari-jari yang berbeda terikat dengan dua massa yang berbeda seperti pada gambar di bawah. Bagaimana kondisi dari sistem ini agar berada dalam kondisi setimbang?</p>  <p>a. $m = M$</p> <p>b. $rm = RM$</p> <p>c. $r^2m = R^2M$</p> <p>d. $rM = Rm$</p> <p>e. $r^2M = R^2m$</p>	d	<p>Sistem akan berada dalam keadaan setimbang jika resultan torsi yang bekerja pada benda sama dengan nol</p> $\sum \tau = 0$ $\tau_M - \tau_m = 0$ $\tau_M = \tau_m$ $\mathbf{r} \times M\mathbf{g} = \mathbf{R} \times m\mathbf{g}$ $rMg = Rmg$ $rM = Rm$	

Indikator Soal	Soal	Kunci dan rambu-rambu penskoran		
		Jawaban	Penjelasan	Skor

<p>Menganalisis kasus yang berhubuagn dengan titik berat</p>	<p>8. Tentukan pilihan jawaban beserta alasan pilihan jawaban anda dari soal berikut ini! Bola pejal dengan diameter x dan massa $2m$ diikat pada batang yang panjangnya $4x$ dan massa batangnya m. dimanalah posisi titik berat dari sistem tersebut?</p> <p>a. x b. $\frac{4}{3}x$ c. $\frac{2}{3}x$ d. $\frac{1}{3}x$ e. $2x$</p> 	<p>b</p>	<p>Titik berat dari benda tersebut dapat diperoleh menggunakan persamaan</p> $x_{com} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$ $x_{com} = \frac{2m\left(\frac{1}{2}x\right) + m(3x)}{3m}$ $x_{com} = \frac{4mx}{3m}$ $x_{com} = \frac{4}{3}x$	
--	--	----------	---	--

Lampiran 4. Proposal Tugas Akhir Mahasiswa

**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM BERBASIS ARDUINO UNO
SEBAGAI PENUNJANG PEMBELAJARAN UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS**

PROPOSAL SKRIPSI



Oleh:

Indah Dewi Permata Sari

A1C319013

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JAMBI**

2022

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	47
DAFTAR ISI.....	48
BAB I PENDAHULUAN.....	50
1.1 Latar Belakang	50
1.2 Rumusan Masalah	52
1.3 Tujuan Pengembangan	52
1.4 Spesifikasi Pengembangan	53
1.5 Pentingnya Pengembangan.....	53
1.6 Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan.....	53
1.7 Definisi Istilah	54
BAB II KAJIAN TEORITIK.....	55
2.1 Kajian Teoritik dan Hasil Penelitian yang Relevan	55
2.1.1 Media Pembelajaran	55
2.1.2 Praktikum.....	59
2.1.3 Teknologi	61
2.1.4 Suhu dan Kalor	65
2.2 Penelitian yang Relevan	71
2.3 Kerangka Berfikir.....	71
BAB III METODE PENELITIAN	73
3.1 Model Pengembangan	73
3.2 Prosedur Pengembangan	73
3.3 Subjek Uji Coba	77
3.4 Jenis Data dan Sumber Data.....	77
3.4.1 Jenis Data.....	77
3.4.2 Sumber Data	78
3.5 Instrumen Pengumpulan Data	78
3.5.1 Lembar Observasi	78
3.5.2 Lembar Validitas Ahli Media dan Ahli Materi.....	78

3.5.3. Angket Persepsi Siswa.....	78
3.6 Teknis Analisis Data.....	79
3.6.1 Analisis Data Kualitatif	79
3.6.2 Analisis Data Kuantitatif	79
DAFTAR PUSTAKA	85

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika adalah salah satu cabang ilmu sains yang penerapannya dapat mengembangkan kemampuan berfikir analitis dengan menggunakan berbagai peristiwa fenomena alam sebagai bentuk implementasi dari ilmu fisika (Erviani et al., 2016). Fisika juga merupakan ilmu yang mempelajari jawaban atas pertanyaan kenapa, mengapa dan bagaimana gejala-gejala alam dapat terjadi. Bukan hanya itu saja, fisika juga ilmu yang memegang peranan penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan menjadi dasar dalam akhir teknologi (Anaperta, 2015).

Salah satu peran fisika dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat fenomenal dibuktikan dengan adanya perkembangan mengenai elektronika dan instrumentasi termasuk dalam praktikum fisika (Karisma, 2016).

Praktikum fisika menjadi upaya dalam penemuan dan menginformasikan fakta ilmiah yang ada. Pada percobaan praktikum fisika di laboratorium umumnya masih menggunakan alat ukur analog. Pada praktikum menggunakan alat ukur analog menyebabkan praktikan mengalami kesulitan karena data-data yang didapat kurang tepat. Kesalahan yang menyebabkan data kurang tepat yaitu kesalahan dalam kalibrasi alat, kesalahan dalam pembacaan skala dan ketepatan dalam penggunaan alat (Noviyanti, 2020).

Alat praktikum sangat diperlukan pada sebuah lembaga pendidikan, namun belum semua pendidikan mempunyai alat praktikum yang lengkap untuk menjelaskan materi yang akan dipraktikkan (Widayanti & Yuberti, 2018). Alat praktikum dibuat dengan tujuan untuk membuktikan suatu teori atau menggunakan suatu teori untuk menghitung suatu besaran fisika. Salah satu materi yang memerlukan kegiatan praktikum adalah materi kalor. Praktikum yang dilakukan yaitu praktikum kalorimeter (Safitri, 2018).

Kalorimeter merupakan alat yang sering digunakan untuk mengukur perubahan kalor selama reaksi kimia berlangsung berdasarkan prinsip azas black. Alat kalorimeter yang biasa digunakan di dalam laboratorium adalah kalorimeter termos atau calorimeter cup. Prinsip alat ini adalah mengukur perubahan suhu reaksi dan perkiraan kapasitas kalor yang dapat digunakan untuk memperkirakan kalor reaksi dengan cukup baik, umumnya kapasitas kalor wadah reaksi dapat diabaikan karena relatif sangat kecil (Rufiati, 2011). Salah satu penggunaan penting dari kalorimeter adalah dalam penentuan kalor jenis zat tertentu. Teknik umum yang dikenal sebagai "metode campuran" yaitu sampel suatu zat yang dipanaskan

hingga suhu tinggi lalu diukur secara akurat dan dengan cepat di tempatkan pada air dingin dalam kalorimeter. Inti dari kalorimeter adalah untuk "menjebak" panas yang masuk atau keluar dari sistem dan mendapatkan ukuran kuantitatifnya, dalam satuan Joule (Aisyah et al., 2022).

Berdasarkan literatur yang ada alat praktikum untuk materi suhu dan kalor sudah pernah dikembangkan pada beberapa penelitian salah satunya adalah penelitian Nur Aisyah (2022) dengan judul “Rancang Bangun Alat Praktikum Kalorimeter Coffee-Cup Pengukur Kalor Jenis Berbantuan Arduino Uno” pada penelitian ini sistem kerja alat praktikum kalorimeter berbantuan Arduino Uno adalah mengkonversi perubahan resistansi oleh sensor DHT22 sehingga menghasilkan nilai kelembapan dan suhu lingkungan yang dapat dibaca mikrokontroler. Sensor *loadcell* akan mengampikan hasil ukur massa setelah kalorimeter yang berisi air dan kubus bahan diletakkan diatas alas penampang. Sesuai dengan prinsip kerjanya, beban yang diletakkan diatas sensor *loadcell* mengakibatkan perubahan bentuk secara elastis dari reaksi logam. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan tersebut kemudian dikonversikan ke dalam sinyal listrik oleh strain gauge, sehingga LCD dapat menampilkan nilai ukur massa bahan. Di Laboratorium Fisika yang sudah peneliti observasi lakukan yaitu Laboratorium Fisika Universitas Jambi. Dimana, hasil observasi dalam proses praktikum materi suhu dan kalor menggunakan alat ukur kalorimeter masih menggunakan alat ukur analog dan belum ada pengembangan mengenai alat tersebut. Pengukuran suhu masih memanfaatkan termometer alkohol yang dalam penggunaannya mudah pecah sehingga proses pengukuran dan perhitungan hasil berjalan secara manual, tidak efisien waktu dan mampu membuat mahasiswa jadi tidak tertarik dan kurang motivasi untuk belajar. Maka untuk mendapatkan ketertarikan dan motivasi mahasiswa untuk mengikuti praktikum pendidik harus menciptakan proses belajar yang kreatif dan menarik salah satunya dengan memanfaatkan atau mengembangkan alat praktikum yang ada.

Upaya untuk meningkatkan ketertarikan dan motivasi mahasiswa dalam mengikuti praktikum mengenai materi suhu dan kalor adalah dengan meningkatkan kualitas proses praktikum di laboratorium. Salah satu caranya adalah dengan memvariasikan alat yang digunakan dalam proses praktikum. Dengan demikian, perlu pengembangan alat yang sesuai dan dapat mempermudah mahasiswa dalam proses praktikum untuk menciptakan situasi dan kondisi labor yang kondusif agar proses belajar dapat berjalan sesuai dengan harapan. Salah satu pengembangan alat adalah dengan memanfaatkan arduino uno sebagai sistem pengendali.

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya (Adriansyah & Hidyatama, 2013).

Dari teori diatas peneliti menyimpulkan bahwa Kelebihan dari arduino adalah low power, dimana penggunaannya cocok digunakan untuk sistem kendali dalam pembuatan alat praktikum fisika. Dimana, Arduino menyatakan perangkat lunak dan perangkat keras yang ditujukan untuk memudahkan siapa saja agar dapat membuat proyek-proyek elektonika dengan mudah dan cepat. Dalam hal ini, papan arduino menyatakan perangkat keras dan arduino IDE (*Integrated Development Environment*) menyatakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemograman perangkat keras (Kadir, 2017).

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis mengembangkan alat praktikum fisika kalor jenis pada proses pembelajaran. Dalam mengembangkan alat peneliti melakukan inovasi dengan memodifikasi kalorimeter dipadukan dengan penggunaan sensor *load cell* dan sensor suhu DS18B20 sehingga menghasilkan data secara otomatis. Oleh karena itu judul penelitian ini adalah **“Pengembangan Alat Praktikum Kalorimeter Digital Berbasis Arduino Uno Sebagai Penunjang Pembelajaran Pada Materi Suhu Dan Kalor”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses pengembangan alat praktikum kalorimeter berbasis arduino uno pada materi suhu dan kalor di laboratorium fisika Universitas Jambi?
2. Bagaimana kelayakan alat praktikum kalorimeter berbasis arduino uno pada materi suhu dan kalor di laboratorium fisika Universitas Jambi?
3. Bagaimana persepsi mahasiswa mengenai alat praktikum kalorimeter berbasis arduino uno pada materi suhu dan kalor di laboratorium fisika Universitas Jambi?

1.3 Tujuan Pengembangan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diketahui, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui proses pengembangan alat praktikum kalorimeter berbasis arduino uno pada materi suhu dan kalor di laboratorium fisika Universitas Jambi.

2. Untuk mengetahui kelayakan alat praktikum kalorimeter berbasis arduino uno pada materi suhu dan kalor di laboratorium fisika Universitas Jambi.
3. Untuk mengetahui persepsi mahasiswa mengenai alat praktikum kalorimeter berbasis arduino uno pada materi suhu dan kalor di laboratorium fisika Universitas Jambi.

1.4 Spesifikasi Pengembangan

Spesifikasi produk yang diharapkan dalam penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut:

1. Alat yang dikembangkan berupa alat praktikum kalorimeter analog menjadi digital.
2. Alat praktikum yang dikembangkan bertujuan untuk menghitung nilai kalor jenis suatu logam dengan menggunakan *load cell* (sensor massa) dan sensor DS18B20 (sensor suhu) yang nantinya akan diintegrasikan dengan arduino.

1.5 Pentingnya Pengembangan

Adapun pentingnya pengembangan dari produk ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti: sebagai referensi untuk menambah pengalaman, wawasan serta pembelajaran.
2. Bagi pendidik: dapat memberikan contoh pengembangan alat praktikum kalor jenis berbasis arduino kepada pendidik lain serta mampu memberikan masukan kepada pendidik lain terhadap manfaat pengembangan alat praktikum kalor jenis.
3. Bagi peserta didik: dapat memperoleh alat praktikum yang menarik sehingga diharapkan dapat menggugah minat mahasiswa serta mempermudah dalam memahami konsep yang terkandung dalam materi fisika.
4. Bagi peneliti lain: sebagai referensi bagi penelitian berikutnya atau pengembangan lebih lanjut mengenai penelitian pengembangan alat praktikum fisika berbasis arduino.

1.6 Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Dalam penelitian pengembangan alat peraga ini terdapat beberapa asumsi dan keterbatasan dalam pengembangan seperti:

1. Menghasilkan alat peraga kalor jenis yang layak digunakan.
2. Alat peraga lebih akurat dalam pengambilan data.
3. Meminimalkan terjadinya *human error*.
4. Peneliti memiliki keterbatasan didalam pembuatan alat peraga ini karena kurangnya kemampuan dan keterampilan dalam bidang elektronika.

1.7 Definisi Istilah

Definisi istilah-istilah yang ada pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengembangan adalah suatu usaha untuk meningkatkan kemampuan teknis, teoritis, konseptual, dan moral sesuai dengan kebutuhan melalui pendidikan dan latihan.
2. Alat praktikum merupakan bagian dari media pembelajaran berupa alat yang bertujuan untuk membantu pendidik agar proses pembelajaran dapat berjalan dengan efektif dan efisien.
3. Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (panas) yang terlibat dalam suatu perubahan atau reaksi kimia.
4. Arduino uno merupakan salah satu produk berlabel arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer).
5. Penunjang pembelajaran adalah fasilitas belajar atau alat pembelajaran yang berfungsi memperlancar dan mempermudah terjadinya proses pembelajaran.
6. Suhu adalah derajat panas atau dingin suatu zat.
7. Kalor adalah salah satu bentuk energi yang dapat berpindah karena perbedaan suhu.

BAB II

KAJIAN TEORITIK

2.1 Kajian Teoritik dan Hasil Penelitian yang Relevan

2.1.1 Media Pembelajaran

2.1.1.1 Pengertian Media Pembelajaran

Media pembelajaran merupakan salah satu faktor penting dalam peningkatan kualitas suatu pembelajaran. Hal ini disebabkan adanya perkembangan teknologi dalam bidang pendidikan yang menuntut efisiensi dan efektivitas dalam proses pembelajaran. Untuk mencapai tingkat efisiensi dan efektivitas yang optimal, salah satu cara yang bisa dilakukan adalah mengurangi bahkan menghilangkan dominasi sistem penyampaian pelajaran yang bersifat verbalistik dengan cara menggunakan media pembelajaran (Kristanto, 2016).

Dalam konteks pembelajaran, secara umum media dapat diartikan sebagai alat bantu untuk mengajar. Konsep ini menjelaskan bahwa semua jenis alat baik elektronik maupun non elektronik yang dapat menyampaikan informasi pembelajaran disebut media. Oleh karena itu luasnya pengertian media, maka diberikan batasan atas pengertian tersebut seperti yang telah dikemukakan oleh Briggs (1977) dan Hujair AH. Sanaky (2013: 3), dimana mereka mendefinisikan media pembelajaran adalah alat atau sarana fisik yang berguna untuk menyampaikan pesan pembelajaran kepada peserta didik sehingga dapat menimbulkan rangsangan untuk belajar (Susanto & Akmal, 2019).

Di era digital, pendidik tidak hanya harus bisa menggunakan media pembelajaran klasik namun juga harus bisa menggunakan media pembelajaran yang modern. Adapun dampak penggunaan media dalam komunikasi dan pembelajaran yaitu (1) penyampaian pembelajaran menjadi lebih standar; (2) proses pembelajaran bisa lebih menarik; (3) proses pembelajaran menjadi lebih interaktif; (4) lamanya waktu belajar bisa dipersingkat; (5) kualitas hasil belajar dapat ditingkatkan; (6) proses pembelajaran dapat diberikan kapanpun diinginkan atau dibutuhkan; (7) dapat menimbulkan sikap positif peserta didik terhadap apa yang sudah dipelajari dikelas; dan (8) peran seorang pendidik bisa berubah ke arah yang lebih positif (Hasan, 2021).

Berdasarkan pengertian yang telah dikemukakan, media pembelajaran dapat dipahami sebagai segala sesuatu yang dapat menyampaikan atau menyalurkan pesan dari suatu sumber secara terencana dan tepat guna, sehingga tercipta lingkungan yang kondusif dimana penerimanya dapat melakukan kegiatan belajar secara efektif dan efisien.

2.1.1.2 Klasifikasi Media Pembelajaran

Klasifikasi atau penggolongan media sangat diperlukan untuk mempermudah dalam pengelompokan media yang efektif dan efisien dalam proses pembelajaran. Bentuk media pembelajaran terbagi atas tiga kategori. Pertama, media yang mampu menyajikan informasi, karena itu disebut media penyaji; kedua, media yang mengandung informasi disebut media objek; dan ketiga media yang memungkinkan untuk berinteraksi yang disebut media interaktif.

Media penyaji terbagi menjadi tujuh kelompok. Kelompok pertama terdiri atas grafis, bahan cetak, dan gambar diam. Ketiga bentuk media ini memang mempunyai perbedaan. Misalnya, bahan cetak mempunyai simbol huruf dan angka, grafis dibuat melalui proses gambar, dan gambar diam dibuat melalui proses fotografi. Tetapi ketiganya dapat dikelompokkan menjadi satu karena memakai bentuk penyajian yang sama, yaitu visual diam. Kelompok kedua, yaitu media proyeksi diam. Pada kelompok ini media mempunyai sifat yang sama bahwa informasi disampaikan dalam tiga dari lima bentuk informasi dasar, yaitu gambar, cetakan, dan grafik garis. Kelompok ketiga, yaitu media audio, yaitu hanya menyalurkan informasi dalam bentuk bunyi seperti radio dan telepon. Kelompok keempat, yaitu audio yang ditambah media visual diam. Pada kelompok ini kombinasi rekaman audio dan bahan-bahan visual diam. Salah satu contohnya adalah film rangkai suara. Kelompok kelima, yaitu gambar hidup (film). Kelompok ini adalah media presentasi yang cukup canggih karena dapat menyampaikan lima macam bentuk informasi: gambar, garis, simbol, suara, dan gerakan. Kelompok keenam, yaitu televisi. Televisi dapat memberikan penyajian yang serupa dengan film tetapi menggunakan proses elektronik dalam merekam, menyalurkan, dan memperagakan gambar. Kelompok ketujuh, yaitu multimedia. Kelompok ini merujuk pada berbagai bahan ajar yang membentuk satu unit terpadu, yang dikombinasikan dalam bentuk modul.

Media objek adalah benda tiga dimensi yang mengandung informasi, tidak dalam bentuk penyajian tetapi ciri fisiknya seperti ukuran, berat, bentuk, susunan, warna, fungsi, dan sebagainya. Media objek meliputi objek yang sebenarnya dan objek pengganti. Model interaktif adalah peserta didik tidak hanya memperhatikan penyajian atau objek, tetapi dipaksa untuk berinteraksi selama mengikuti pelajaran paling sedikit ada tiga macam interaksi yang dapat diidentifikasi. Pertama, peserta didik berinteraksi dengan sebuah program. Kedua, peserta didik berinteraksi dengan mesin. Ketiga, mengatur interaksi antar peserta didik secara teratur tetapi tidak terprogram (Susanto & Akmal, 2019).

2.1.1.3 Kriteria Pemilihan Media Pembelajaran

Menurut (Miftah & Nur Rokhman, 2022) menyatakan bahwa, ada beberapa kriteria dalam memilih media pembelajaran yang tepat, diantaranya adalah jumlah sasaran (kelompok kecil, sedang atau besar), lokasi keberadaan sasaran dan tingkat kesulitan pemanfaatannya, serta besar kecilnya biaya yang dikeluarkan dibandingkan dengan keuntungan atau manfaat yang akan diperoleh pebelajar.

Memilih media dalam kaitannya dengan kegiatan belajar mengajar (KBM) seorang tenaga pendidik seharusnya memiliki kemampuan, antara lain: 1). Mengetahui materi pelajaran yang ingin dibahas bersama peserta didiknya pada setiap kegiatan pembelajaran yang direncanakan disamping materi pelajaran tidak lanjut yang perlu dipelajari oleh pebelajar; 2). Memiliki pengetahuan dan kemampuan mengenai potensi dan peranan media, proses pemilihan media dan pemanfaatannya dalam kegiatan pembelajaran. Dengan pengetahuan dan kemampuan ini, tenaga pendidik dapat membantu pelajar memperoleh pengetahuan atau perilaku yang direncanakan untuk mereka kuasai; 3). Mengidentifikasi dan menentukan jenis media pembelajaran yang dikehendaki untuk mengajarkan topik atau pokok bahasan tertentu. Oleh karena itu, sebelum jenis media pembelajaran tertentu direncanakan didalam Rencana Pembelajaran Pembelajaran (RPP) untuk dimanfaatkan, seorang tenaga pendidik harus terlebih dahulu mengetahui ketersediaan dipasaran atau disekolah.

2.1.1.4 Fungsi Media Pembelajaran

Menurut (Ramli, 2012) menyatakan bahwa, Fungsi media pembelajaran dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Membantu guru dalam Bidang Tugasnya

Media pembelajaran apabila digunakan tepat maka akan membantu mengatasi kelemahan dan kekurangan guru yang ada dalam proses pembelajaran, baik dalam penguasaan materi maupun metodologi pembelajarannya. Menurut analisis teknologi pembelajaran bahwa penggunaan media dalam pembelajaran dapat:

- a. Meningkatkan produktivitas pesan-pesan pembelajaran yang sudah disajikan, karena ia dapat mempercepat pemahaman pembelajar terhadap materi yang bersangkutan, sehingga secara langsung dapat membantu penggunaan waktu secara efektif, dan mampu meringankan beban guru yang terlibat.
- b. Membantu pembelajar untuk berkreasi merencanakan program pendidikannya, sehingga pengembangan pesan-pesan pembelajaran dapat dirancang dengan baik.

- c. Membantu pembelajar mengembangkan kemampuan aktivitas kejiwaan pembelajar untuk memahami pesan menurut daya analisisnya. pengembangan daya analisis dan nalar ini merupakan salah satu fungsi dari pembelajaran.
- d. Membantu mengintegrasikan pesan-pesan pembelajaran dengan materi ilmu bantu yang erat kaitannya dengan materi pembelajaran yang disajikan.
- e. Membantu pembelajar menyampaikan pesan-pesan pembelajaran secara taat asas atau konsisten, karena pokok bahasan tidak menyimpang dari yang telah diprogramkan dan dapat diulang secara utuh kembali.

2. Membantu Para Pebelajar

Dengan menggunakan berbagai media pembelajaran yang dipilih secara tepat dan berdaya guna dapat membantu pebelajar dalam hal berikut:

- a. Meningkatkan daya kephahaman terhadap materi yang disampaikan.
- b. Mempercepat daya cerna pebelajar terhadap materi yang disampaikan.
- c. Membantu memperkuat daya ingatan pebelajar, karena sifat media pembelajaran mempunyai daya stimulus yang lebih kuat.
- d. Dapat membangkitkan daya kognitif, afektif dan psikomotorik terhadap materi yang disampaikan.
- e. Merangsang cara berfikir pebelajar.
- f. Membantu pebelajar memahami secara integral materi pembelajaran yang disampaikan, sehingga pemahaman terhadap pokok bahasan yang disajikan secara utuh dan bermakna.
- g. Membantu memperjelas pengalaman langsung yang pernah dialami mereka dalam kehidupan.
- h. Merangsang kegiatan kejiwaan pembelajar untuk memahami materi pembelajaran. Aspek-aspek kejiwaan seperti pengamatan tanggapan, daya ingatan, emosi, berfikir, fantasi, intelegensi dan sebagainya dapat dibangun oleh media pembelajaran yang tepat dalam memilihnya.

3. Memperbaiki Pembelajaran (Proses Belajar Mengajar)

Penggunaan berbagai media pembelajaran yang dipilih secara tepat dan berdaya guna dapat dapat membantu dalam memperbaiki pembelajaran, anantara lain sebagai berikut:

- a. Jika dalam implementasi pembelajaran tidak memperoleh hasil yang diinginkan sesuai dengan standar minimal, maka kewajiban guru untuk mengulangi pembelajaran tersebut. Disini media dapat membantu dalam mempertinggi hasil

yang akan dicapai, media yang digunakan lebih ditingkatkan kuantitas dan kualitasnya.

- b. Penggunaan media yang satu ternyata belum dapat memuaskan guru dalam pembelajaran, maka pada pembelajaran berikutnya guru dapat menggunakan media yang lain, agar dapat mencapai hasil yang maksimal.

2.1.2 Praktikum

2.1.2.1 Pengertian Praktikum

Praktikum sangat erat hubungannya dengan laboratorium. Laboratorium fisika disekolah merupakan bagian integral yang tak terpisahkan dari pembelajaran fisika dikelas dan banyak memberikan kontribusi yang besar terhadap upaya peningkatan kualitas pendidikan dan pengajaran disekolah. Praktikum verifikatif adalah serangkaian kegiatan pengamatan, pengukuran, pengolahan data, dan penarikan kesimpulan yang bertujuan untuk membuktikan konsep atau hukum yang sudah diajarkan dikelas (Sarjono, 2018).

Kegiatan praktikum yang dilakukan di dalam laboratorium merupakan suatu metode yang memberikan pengaruh terhadap keberhasilan siswa dalam belajar, siswa dapat mempelajari dengan mengamati secara langsung gejala-gejala ataupun proses-proses yang dapat melatih keterampilan berfikir ilmiah, dapat menanamkan dan mengembangkan sikap ilmiah, dapat menemukan dan memecahkan berbagai masalah yang ada melalui metode ilmiah dan sebagainya (Nikmah, 2017).

Berdasarkan teori diatas , maka praktikum adalah suatu kegiatan yang menuntut siswa ataupun mahasiswa untuk melakukan percobaan atau pengujian suatu konsep atau juga prinsip pada materi pembelajaran yang dilakukan di dalam laboratorium.

2.1.2.2 Kriteria atau Pengembangan Alat Praktikum

Menurut (Ardianto, 2020) menyatakan bahwa, alat praktikum adalah alat yang digunakan untuk praktikum sains, matematika, teknik, bahasa, ilmu sosial, humaniora, dan keilmuan lainnya. Adapun kriteria alat praktikum adalah sebagai berikut:

- a. Berupa alat praktikum yang dipergunakan dalam pembelajaran.
- b. Pelaksanaan praktikum menjadi lebih mudah dan lebih efektif.
- c. Jenis alat praktikum
 - 1) Alat praktikum sains (matematika, fisika, kimia, biologi).
 - 2) Alat praktikum teknik (mesin, listrik, sipil).
 - 3) Alat praktikum bahasa, ilmu sosial, humaniora, dan lainnya.

Alat praktikum tersebut mempunyai ciri yang dapat digunakan untuk praktikum disekolah. Bila sebelumnya sudah pernah ada harus ada unsur modifikasi/inovasi. Alat praktikum dikategorikan menjadi 2 yaitu kompleks dan sederhana.

Alat praktikum dikategorikan kompleks apabila memenuhi kriteria:

- a. Memiliki tingkat inovasi yang tinggi.
- b. Tingkat kesulitan pembuatan yang tinggi.
- c. Memiliki konstruksi atau alur kerja yang rumit atau apabila berupa hasil modifikasi, memiliki tingkat modifikasi yang tinggi.
- d. Waktu pembuatannya relatif lama
- e. Biaya pembuatannya relatif tinggi.

Sedangkan alat praktikum dikategorikan sederhana apabila memenuhi kriteria:

- a. Memiliki tingkat inovasi yang rendah.
- b. Tingkat kesulitan pembuatan rendah.
- c. Memiliki konstruksi atau alur kerja yang tidak rumit atau apabila berupa hasil modifikasi, memiliki tingkat modifikasi yang rendah.
- d. Waktu pembuatannya relatif pendek.
- e. Biaya pembuatannya relatif rendah.

2.1.2.3 Penggunaan Alat IPA

Pengelola laboratorium harus mengenal dan memahami cara penggunaa semua peralatan dasar yang biasa digunakan dalam laboratorium IPA serta menerapkan K3 dilaboratorium. Aktivitas dilaboratorium yang menggunakan bahan-bahan kimia tentu tidak lepas dari peralatan yang digunakan sehingga bahaya tidak hanya disebabkan oleh penanganan bahan yang salah, namun juga dapat terjadi bahaya fisik dari peralatan yang digunakan bila kita tidak berpedoman pada aturan tentang penanganan alat.

Dengan diketahuinya bahan dasar dari suatu alat kita dapat menentukan atau mempertimbangkan cara penyimpanannya. Alat yang terbuat dari logam tentunya harus dipisahkan dari alat yang terbuat dari gelas atau porselen. Dengan memperhatikan bahan dasar alat pula, peralatan yang terbuat dari logam umumnya memiliki bobot lebih tinggi dari peralatan yang terbuat dari gelas atau plastik. Oleh karena itu dalam penyimpanan dan penataan alat aspek bobot benda perlu juga diperhatikan. Janganlah menyimpan alat-alat yang berat ditempat yang lebih tinggi, agar mudah diambil dan disimpan kembali (Maharani, 2020).

Dalam proses penggunaan alat dan bahan praktikum, laboran memiliki peranan yang cukup penting. Mulai dari mempersiapkan alat dan bahan sesuai permintaan, mencatat penggunaan hingga menata kembali ketempat semula merupakan tugas dari laboran. Penggunaan alat dan bahan praktikum yang baik dapat menunjang keterlaksanaan praktikum yang sesuai dengan tuntutan dari kurikulum yang diterapkan disekolah (Dewi et al., 2019).

Berdasarkan teori diatas, penggunaan alat IPA pada kegiatan praktikum sangatlah penting. Kualitas kegiatan praktikum tergantung pada penggunaan alat dan bahan yang digunakan. Di laboratorium IPA terdapat berbagai macam alat dan bahan yang dapat dikategorikan sesuai dengan jenisnya agar lebih mudah untuk disipan dan dicari ketika akan digunakan. Hal ini merupakan suatu yang penting karena penggunaan alat dan bahan laboratorium yang baik dapat meningkatkan kualitas proses praktikum.

2.1.2.4 Manfaat Alat Praktikum

Alat praktikum fisika pada proses pembelajaran dipergunakan dengan tujuan agar proses belajar siswa lebih efektif dan efisien. Alat praktikum yang dihasilkan dapat digunakan untuk melatih keterampilan proses seperti mengamati, bertanya, merumuskan masalah dan hipotesis, interpretasi data, menarik kesimpulan dan berkomunikasi dalam bentuk praktikum. Keterampilan proses sangat perlu dikembangkan dalam pembelajaran dikarenakan peserta didik akan mampu menemukan dan mengembangkan sendiri fakta dan konsep serta menumbuhkan sikap dan nilai (Irawan, 2020).

Peralatan IPA dapat di klasifikasikan berdasarkan bahan dan fungsinya, misal: alat ukur, alat dari gelas, model, bagan, alat siap pakai (rakitan), alat bantu proses percobaan. Banyak manfaat yang bisa diperoleh dari pengelompokkan peralatan IPA yang diantaranya adalah memudahkan penyimpanan, perawatan, dan pengambilan peralatan dari tempat penyimpanan (Wedyawati, 2019).

2.1.3 Teknologi

2.1.3.1 Arduino Uno

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Arduino juga merupakan platform hardware terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa

pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya. Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat clone arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level hardware. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui bootloader meskipun ada opsi untuk mem-bypass bootloader dan menggunakan downloader untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui port ISP (Sasmoko, 2021).

Arduino UNO juga memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, maka dengan ini mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya (Adriansyah & Hidyatama, 2013).



Gambar Arduino Uno

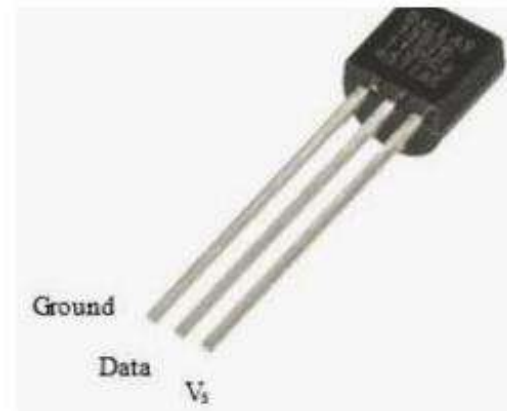
2.1.3.2 Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu yang menggunakan interface one wire, sehingga hanya menggunakan kabel yang sedikit dalam instalasinya. Uniknya sensor ini bisa dijadikan parallel dengan satu input. Artinya kita bisa menggunakan Sensor DS18B20 lebih dari satu namun output sensornya hanya dihubungkan ke satu pin arduino. Alasan ini membuat sensor ini banyak digunakan apalagi sensor ini memiliki tipe waterproof, sehingga sensor ini bisa kita buat sebagai alat ukur dan kontrol pemanas (Imam et al., 2019).



Gambar Sensor DS18B20

Menurut (Huda & Kurniawan, 2022) menyatakan bahwa, Sensor suhu DS18B20 menetapkan protokol 1wire komunikasi untuk pembacaan suhu. Ketelitian sensor ini mampu membaca 9-12 bit. Kaki-kaki Sensor DS18B20 dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar Konfigurasi Kaki DS18B20

Sensor DS18B20 memiliki 3 pin kaki yang terdiri V_s , ground dan data input/output. V_s sendiri berfungsi sebagai tegangan sumber. Tegangan yang dimiliki Sensor DS18B20 sebesar 3V-5,5 V namun V_s memberikan tegangan kepada mikrokontroler sebesar 5V. Kaki ground dihubungkan dengan ground pada rangkaian. Sebagai acuan Sensor DS18B20 memiliki spesifikasi atau fitur utama sebagai berikut:

1. Komunikasi antar muka yang digunakan hanya satu kabel (menggunakan protokol unique 1-wire).
2. ROM onboard menjadi tempat penyimpanan perangkat sensor yang memiliki kode serial 64-bit.
3. Tidak membutuhkan tambahan komponen.
4. Dapat juga digunakan pada rentang daya 3 sampai 5,5 V.
5. Suhu temperatur dapat diukur antara 55°C - 125°C .
6. Memiliki keakurasian $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada rentang 10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$.
7. Penggunaan resolusi sensor dapat dipilih mulai dari 9 hingga 12 bit.
8. Kecepatan maksimal konversi suhu ke 12-bit digital word hanya 750 ms.

2.1.3.3 Load Cell

Load cell merupakan komponen inti yang terdapat pada timbangan digital. Pada umumnya *load cell* digunakan untuk menghitung massa dari suatu benda (Wahyudi et al., 2018). *Load cell* juga merupakan transduser gaya yang mengukur gaya dengan cara mengukur defleksi yang diakibatkan oleh gaya tersebut. Komponen sensor dalam *load cell* yang digunakan untuk mengukur besarnya defleksi adalah strain gauge. Berdasarkan arah

gayanya, *load cell* dapat dibedakan menjadi *load cell* tekan, *load cell* tarik, maupun *load cell* tarik-tekan. Sedangkan berdasarkan bentuknya, beberapa tipe *load cell* yang sering dijumpai antara lain *load cell* tipe button, *load cell* tipe column (*canister*), *load cell* tipe S dan *load cell* tipe pancaake (*low profile*) (Sitorus et al., 2018).

2.1.3.4 Modul ADC

Menurut (Ida et al., 2017) menyatakan bahwa, ADC merupakan sebutan untuk rangkaian pengubah input sinyal analog (sinyal kontinyu terhadap waktu) menjadi output sinyal digital (sinyal diskrit atau terkuantitasi terhadap waktu).

Terdapat empat macam tipe ADC yang memenuhi standar *industry*, yaitu *intergrating*, *tracking*, *successive approximation register* dan *flash/paralel*. Berikut ini penjelasan terkait dengan empat macam tipe ADC:

a. Tipe *integrating*

Pada tipe ini menawarkan resolusi tertinggi dengan biaya terendah. ADC tipe ini tidak membutuhkan rangkaian sample hold. Adapun kelemahan pada tipe ini adalah memiliki kelemahan yaitu waktu konversi yang agak lama, biasanya beberapa milidetik.

b. Tipe *tracking*

Pada tipe ini menggunakan prinsip up down counter (pencacah naik dan turun). Binary counter (pencacah biner) akan mendapat masukan clock secara kontinyu dan hitungan akan bertambah atau berkurang tergantung dari pencacah apakah sedang naik (up counter) atau sedang turun (down counter). ADC tipe ini tidak menguntungkan jika dipakai pada system yang memerlukan waktu konversi masukan dan keluaran yang singkat.

c. Tipe *flash* atau *parallel*

Pada tipe ini menunjukkan konversi secara lengkap pada kecepatan 100 MHz dengan rangkaian kerja yang sederhana. Sederetan tahanan mengatur masukan invertting dari tiap-tiap converte menuju tegangan yang lebih dari converte sebelumnya. Dibutuhkan suatu decoder untuk menghasilkan nilai biner. Beberapa komparator berkecepatan tinggi dengan waktu tunda (delay) kurang dari 6 ns banyak digunakan karena itu dihasilkan kecepatan konversi yang sangat tinggi. Jumlah komparator yang dibutuhkan untuk suatu konversi n bit adalah $2^n - 1$.

d. Tipe *successive approximation register* (SAR)

Tipe ini merupakan suatu converte yang paling sering ditemui dalam desain perangkat keras yang menggunakan ADC. Tipe ini memiliki kecepatan konversi yang cukup tinggi,

meskipun dari segi harga relative mahal. Prinsip kerja converter tipe ini adalah dengan membuat kemungkinan-kemungkinan yang berupa taksiran nilai digital terhadap tegangan analog yang dikonversikan. Apabila resolusi ADC tipe ini adalah 2^n maka diperlukan maksimal n kali tebakan.

2.1.3.6 Push Button

Push button switch merupakan saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem tekan unlock dan juga berfungsi untuk mengirim sinyal ke mikrokontroler (Eriyani et al., 2018).

Prinsip kerja pada Push Button adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai stop dan kontak NO akan berfungsi sebagai start biasanya digunakan pada Sistem Pengontrolan motor – Motor Induksi untuk menjalankan atau mematikan motor pada industry (Suryani, 2020).

2.1.4 Suhu dan Kalor

2.1.4.1 Suhu

Suhu adalah ukuran derajat panas atau dingin suatu benda. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu disebut termometer. Suhu menunjukkan derajat panas benda. Mudah-mudahan, semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat berupa getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut. Suhu juga disebut temperatur, satuan suhu adalah Kelvin (K). Skala-skala lain adalah Celcius, Fahrenheit, dan Reamur (Supu et al., 2016).

Menurut (Pauliza, 2008) menyatakan bahwa, Suhu menyatakan derajat panas dinginnya suatu benda, sedangkan kalor merupakan salah satu bentuk energi (energi panas atau kalor). Banyak sifat-sifat suatu zat yang akan berubah terhadap suhu, antara lain zat akan memuai ketika suhu dinaikkan, warna pada besi akan berubah ketika dipanaskan, daya hantar listrik dan tekanan juga mengalami perubahan ketika suhu berubah. Sifat-sifat zat akan berubah ketika terjadi perubahan sifat termometri zat. Sifat termometrik tersebut dapat dimanfaatkan untuk melakukan pengukuran terhadap besarnya suhu.

1. Pengukuran Suhu

Dengan indera peraba, kita dapat merasakan bahwa es memiliki suhu yang rendah dan kopi panas memiliki suhu yang tinggi. Namun, indera peraba tidak dapat menyatakan secara tepat suhu yang dimiliki suatu benda. Dengan demikian, kita memerlukan suatu

alat yang dapat menyatakan suhu secara kuantitatif yang disebut termometer. Pada umumnya, cara kerja termometer bergantung pada sifat termometrik suatu zat. Jenis-jenis termometer, antara lain termometer cairan (kaca), termokopel, termometer gas, termometer hambatan listrik (pirometer), dan lain-lain. Termometer yang biasa digunakan sehari-hari, yaitu termometer cairan (kaca) yang didalamnya berisi raksa atau alkohol. Kedua cairan tersebut memiliki sifat termometrik, yaitu sifat fisis zat yang sensitif terhadap perubahan, yaitu panjang, volume, hambatan listrik, dan tekanannya.

Raksa dapat menyerap kalor dengan cepat dari suatu benda sehingga suhunya sama dengan suhu benda yang akan diukur. Selain itu, raksa tidak membasahi dinding tabung serta memiliki titik beku -39°C dan titik didih 137°C . Adapun alkohol membeku pada suhu -114°C dan mendidih pada suhu 78°C . Jadi, termometer raksa sangat baik untuk mengukur benda yang memiliki suhu tinggi, sedangkan termometer alkohol sangat baik untuk mengukur benda yang memiliki suhu rendah.

2. Skala Termometer

Untuk menentukan nilai suhu diperlukan suatu acuan atau patokan, yaitu pemilihan titik lebur es murni sebagai titik bawah dan titik didih air sebagai titik tetap atas. Kedua titik tetap ini dibagi menjadi beberapa bagian (skala) yang disebut derajat. Skala termometer yang sering terdiri atas skala Celcius, skala Reamur, skala Fahrenheit, dan skala Kelvin.

Perbandingan skala termometer tersebut ditunjukkan sebagai berikut:

Titik tetap bawah: $0^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{R} = 32^{\circ}\text{F} = 273\text{K}$

Titik tetap bawah: $100^{\circ}\text{C} = 80^{\circ}\text{R} = 212^{\circ}\text{F} = 373\text{K}$

Selisih titik tetap atas dan titik tetap bawah skala pada hubungan tersebut adalah 100 bagian $^{\circ}\text{C} = 80$ bagian $^{\circ}\text{R} = 180$ bagian $^{\circ}\text{F} = 100$ bagian K.

Secara matematis dapat dinyatakan:

$$\text{C} : \text{R} : (\text{F}-32) = 100 : 80 : 180$$

$$\text{C} : \text{R} : (\text{F}-32) = 5 : 4 : 9$$

Dengan demikian, skala termometer tertentu dapat diubah ke skala termometer yang lainnya.

a. Hubungan antara Celcius (C) dan Reamur (R)

$$\text{C} : \text{R} = 5 : 4$$

$$\text{C} = \frac{5}{4} \text{ atau } \text{R} = \frac{4}{5} \text{C}$$

b. Hubungan antara Celcius (C) dan Fahrenheit (F)

$$C : (F-32) = 5 : 9$$

$$C = \frac{5}{9}(F - 32) \text{ atau } F = \frac{9}{5}C + 32^\circ$$

- c. Hubungan antara Reamur (R) dan Fahrenheit (F)

$$R : (F-32) = 4 : 9$$

$$R = \frac{4}{9}(F - 32) \text{ atau } F = \frac{9}{4}R + 32^\circ$$

- d. Hubungan antara Celcius (C) dan Kelvin (K)

$$t^\circ\text{C} = (t \text{ K} = (T - 273^\circ\text{C}$$

3. Beberapa Jenis Termometer

Seperti telah diuraikan sebelumnya, beberapa jenis termometer antara lain:

- Termometer cairan (kaca).
- Termokopel.
- Termometer gas, termometer gas ini digunakan untuk mengukur suhu melalui perubahan tekanan.
- Pirometer (termometer hambatan listrik).

3.1.4.2 Kalor

Menurut (Surya, 2009) menyatakan bahwa, energi dalam yang dipindahkan dari satu benda ke benda lain akibat perbedaan suhu disebut kalor. Kalor selalu mengalir dari benda bersuhu rendah. Tidak pernah terjadi kalor mengalir dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu tinggi (dalam tumbukan tidak pernah terjadi energi berpindah dari benda yang bergerak lambat ke benda yang bergerak cepat). Untuk membuktikan bahwa kalor merupakan bentuk energi, James Prescott Joule (1818-1889) membuat suatu percobaan. Menurut Joule ketika beban jatuh energi potensial beban diubah menjadi energi kinetik lempeng kayu. Ketika lempeng kayubergesekan dengan air, terjadi lagi pengubahan energi dari energi kinetik menjadi energi panas yang menyebabkan suhu air naik. Dari percobaan joule ini menyimpulkan bahwa kalor merupakan salah satu bentuk energi.

Joule menemukan bahwa untuk menaikkan suhu 1 gram air setinggi 1°C dibutuhkan energi sebesar 4,18 Joule. Energi seperti ini dinamakan 1 Kalori (kal).

$$1 \text{ kal} = 4,18 \text{ Joule}$$

Jadi 1 kalori didefinisikan sebagai kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 gram air 1°C (atau 1 k).

Walaupun satuan kalor dalam SI adalah joule, namun sebagian orang lebih suka menggunakan satuan kalori atau kilokalori (kcal).

1 kkal = 1.000 kal

1 kkal didefinisikan sebagai kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 kg air sebesar 1 K.

Menurut (Kusrini, 2020) menyatakan bahwa, kalor merupakan proses transfer energi dari suatu zat ke zat lainnya dengan di ikuti perubahan suhu.

1) Kalor Jenis dan Kapasitas Kalor

Kalor jenis suatu benda didefinisikan sebagai jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 K. Kalor jenis ini menunjukkan kemampuan suatu benda untuk menyerap kalor. Semakin besar kalor jenis suatu benda, semakin besar pula kemampuan benda tersebut dalam menyerap kalor.

Secara matematis

$$C = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \text{ atau } Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

dengan

$c = \text{kalor jenis suatu zat (J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$

$m = \text{massa zat (kg)}$

$\Delta T = \text{perubahan suhu (}^\circ\text{K)}$

$Q = \text{banyak kalor yang diterima atau dilepas (J)}$

Tabel Kalor Jenis Beberapa Zat

Zat	Kalor Jenis (J/Kg°C)	Zat	Kalor Jenis (J/Kg°C)
Air	4200	Besi	460
Alkohol	2400	Tembaga	390
Minyak Tanah	220	Kuningan	380
Air Raksa	140	Perak	230
Es	2500	Emas	130
Aluminium	900	Timbal	130
Kaca	670	Udara	1000

Gambar Tabel Kalor Jenis Beberapa Zat

Kapasitas kalor suatu benda adalah jumlah kalor yang diperlukan atau dilepaskan jika suhu benda tersebut dinaikkan atau diturunkan 1 K atau 1°C.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \text{ atau } Q = m \cdot c$$

dengan

$C = \text{kapasitas kalor (JK}^{-1}\text{)}$

2) Perubahan Wujud Zat

Kalor yang diterima atau dilepaskan suatu zat dapat mengakibatkan pada perubahan wujud suatu zat. Penerimaan kalor akan meningkatkan suhu dan dapat mengubah wujud zat dari padat menjadi cair atau cair menjadi gas. Sedangkan pelepasan kalor dapat menurunkan suhu atau merubah wujud dari cair menjadi padat atau gas menjadi cair.

Ketika sedang berubah wujud, walaupun terdapat pelepasan atau penyerapan kalor tetapi tidak digunakan untuk menaikkan atau menurunkan suhu. Kalor ini disebut kalor laten atau L . Kalor laten adalah kalor yang dibutuhkan benda untuk mengubah wujudnya persatuan massa.

Secara matematis

$$L = \frac{Q}{m}$$

dengan

$L = \text{kalor laten } (J \text{ kg}^{-1})$

$Q = \text{kalor yang dibutuhkan saat perubahan wujud } (J)$

$m = \text{massa zat } (kg)$

3) Azas Black

Asas black adalah suatu prinsip dalam termodinamika yang dikemukakan oleh Joseph Black, bunyi asa black adalah sebagai berikut:

“Pada pencampuran dua zat, banyaknya kalor yang dilepas zat yang suhunya lebih tinggi sama dengan banyaknya kalor yang diterima zat yang suhunya lebih rendah”.

Energi selalu kekal sehingga benda yang memiliki temperature lebih tinggi akan melepaskan energi sebesar Q_I dan benda yang memiliki temperature lebih rendah akan menerima energi sebesar Q_T dengan besar yang sama. Secara matematis, pernyataan tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$Q \text{ lepas} = Q \text{ terima}$$

Keterangan:

$Q \text{ lepas} = \text{jumlah kalor yang dilepaskan oleh zat } (Joule)$

$Q \text{ terima} = \text{jumlah kalor yang diterima oleh zat } (Joule)$

Besarnya kalor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$Q = mc\Delta T$$

Ketika menggunakan persamaan ini, perlu diingat bahwa temperature naik berarti zat menerima kalor, dan temperature turun berarti zat melepaskan kalor, maka

$$Q_{Lepas} = Q_{Terima}$$

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

Dengan $\Delta T_1 = T - T_{\text{akhir}}$ dan $\Delta T_2 = T_{\text{akhir}} - T$, sehingga

$$m_1 c_1 (T_1 - T_c) = m_2 c_2 (T_c - T_1)$$

Keterangan:

m_1 = massa benda 1 yang suhunya tinggi (kg)

m_2 = massa benda 2 yang suhunya tinggi (kg)

c_1 = kalor jenis benda 1 (J/kg°C)

c_2 = kalor jenis benda 2 (J/kg°C)

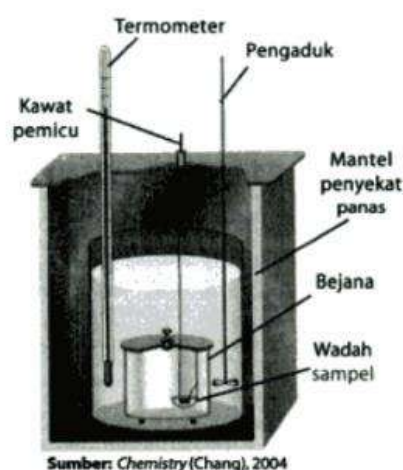
T_1 = suhu mula – mula benda 1 (°C atau K)

T_2 = suhu mula – mula benda 2 (°C atau K)

T_c = suhu akhir atau suhu campuran (°C atau K)

2.1.4.3 Kalorimeter

Menurut (Sunarya, 2007) menyatakan bahwa, kalorimeter adalah alat untuk mengukur kalor. Kalorimeter ini terdiri atas bejana yang dilengkapi dengan pengaduk dan termometer. Bejana diselubungi penyekat panas untuk mengurangi radiasi panas, seperti termos. Kalorimeter sederhana dapat dibuat menggunakan wadah *styrofoam*. Untuk mengukur kalor reaksi dalam kalorimeter, perlu diketahui terlebih dahulu kalor yang dipertukarkan dengan kalorimeter sebab pada saat terjadi reaksi, sejumlah kalor dipertukarkan dengan kalorimeter sebab pada saat reaksi terjadi, sejumlah kalor dipertukarkan antara sistem reaksi dan lingkungan (kalorimeter dan media reaksi).



Gambar Skema kalorimeter volume tetap

Besarnya kalor yang diserap atau dilepaskan oleh kalorimeter dihitung dengan persamaan:

$$Q_{\text{kalorimeter}} = C_k \Delta T$$

Dengan C_k adalah kapasitas kalor kalorimeter.

2.2 Penelitian yang Relevan

Adapun penelitian yang relevan pada penelitian pengembangan yang akan dibuat oleh peneliti adalah:

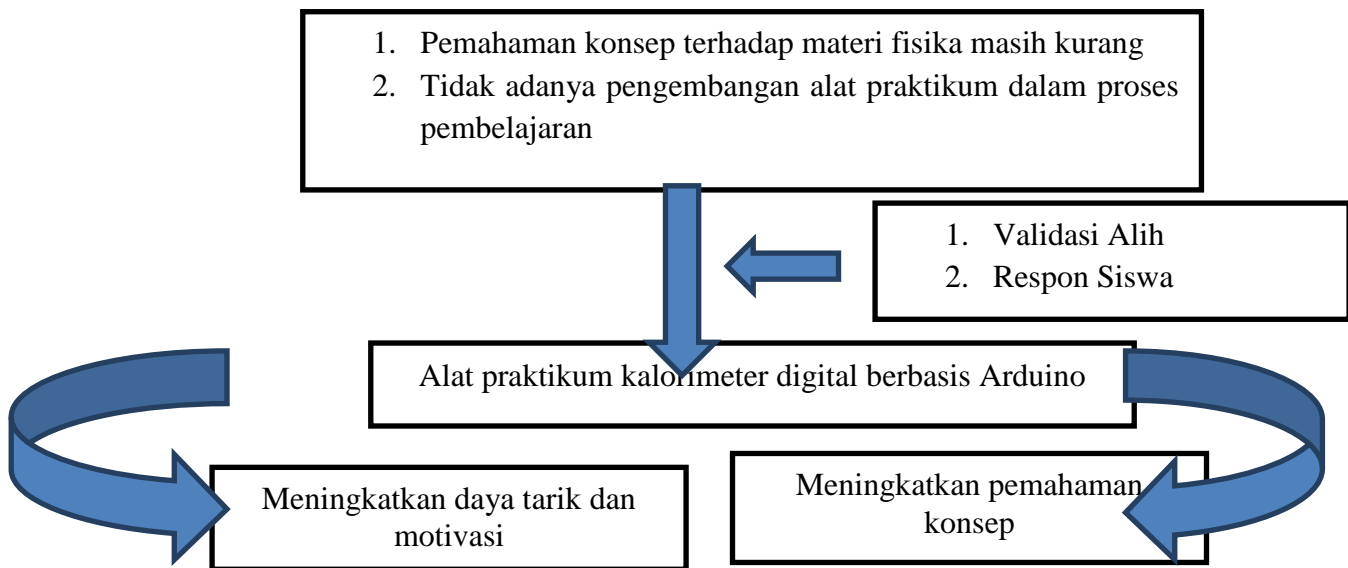
1. Maulana Fakhri Latief (2011) melakukan penelitian tentang instrument kalor jenis air dalam penelitian menggunakan sensor suhu LM35 yang diletakkan pada titik masuk dan titik keluar tabung pemanas yang telah dialiri arus listrik dengan tampilan pada LCD maupun pada computer melalui jalur komunikasi COM. Sedangkan dalam pembuatan alat yang akan dilakukan menggunakan pemanas dari bunsen serta penggunaan sensor DS18B20.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Dias Prihatmoko (2016) mengenai perancangan dan implementasi pengontrol suhu ruangan berbasis mikrokontroler Arduino Uno, dengan mengajukan perencanaan simulasi sistem control suhu dan beserta implementasinya berupa *prototype* sistem kontrol suhu ruangan menggunakan mikrokontroler Arduino. Sistem control suhu ini dilengkapi dengan kemampuan untuk mengontrol suhu ruangan yang dapat ditampilkan di LCD. Metode perancangan sistem dimulai dari kajian arsitektur sistem, perencanaan sistem control suhu, dan pembuatan *prototype* sistem control suhu. Penelitian ini menghasilkan *prototype* sistem control suhu yang dilengkapi dengan fitur penampilan suhu dengan LCD, sehingga suhu ruangan akan tertampil di LCD, apabila suhu tertampil diluar batas maksimum maka akan menghidupkan pendingin ruangan dan pendingin akan mati jika suhu berada dibawah batas minimum. Sistem ini bekerja dengan menggunakan perangkat yang diantaranya: Arduino, Sensor Suhu, Pendingin, dan LCD.

2.3 Kerangka Berfikir

Fisika sebagai salah satu cabang ilmu sains yang dalam proses pembelajarannya lebih menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan pemahaman siswa. Kurangnya rasa ingin tahu dan motivasi belajar mahasiswa pada mata kuliah fisika yang dapat dipengaruhi oleh lemahnya pemahaman konsep terhadap materi pelajaran, menjadi salah satu tugas tenaga pendidik mencari alternatif lain untuk menunjang proses belajar yang lebih kreatif dan menarik diluar metode belajar yang masih bersifat satu arah dan *text book oriented*. Keterbatasan alat praktikum didalam proses pembelajaran juga menjadi pemicu kurangnya pemahaman mahasiswa terhadap materi yang disampaikan oleh tenaga

pendidik, padahal penggunaan alat praktikum dalam pembelajaran fisika sangat dibutuhkan sebagai alat bantu seorang pendidik untuk memvisualisasikan konsep yang terkandung dalam materi fisika. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan mendayagunakan alat praktikum didalam proses belajar.

Memperagakan atau memvisualisasikan sebuah konsep fisika sering kali melibatkan pengukuran seperti suhu dan massa sebagaimana dalam pengukuran kalor jenis. Dalam melakukan pengukuran kalor jenis, selama ini masih menggunakan alat-alat analog, sehingga proses pembacaan dan perhitungan hasil masih bersifat manual yang mengakibatkan tidak efisien waktu. Maka dari itu untuk memudahkan proses pengukuran kalor jenis perlu adanya alat digital yang dapat terintegrasi secara langsung dalam satu sistem. Salah satunya dengan memanfaatkan Arduino sebagai sistem pengendali. Dalam pengembangan ini, rangkaian alat praktikum kalorimeter jenis memanfaatkan Arduino sebagai pengendali utama dan komponen lainnya seperti sensor *load cell* dan sensor DS18B20. Evaluasi alat praktikum sangat penting dilakukan. Hal ini bertujuan agar media yang dikembangkan memenuhi kriteria baik, yaitu dari aspek materi, alat, maupun bahasa. Selain itu juga ditinjau dari aspek minat mahasiswa terhadap alat praktikum yang dikembangkan. Secara ringkas pemaparan diatas dapat disajikan pada gambar berikut ini:



Gambar Kerangka Berfikir

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Model Pengembangan

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau *Research and Development* (R&D). Desain pada penelitian pengembangan ini diadaptasi dari model pengembangan ADDIE yang pernah dikembangkan oleh Dick dan Carrey pada tahun 1996. Model intruksional ADDIE merupakan proses instruksional yang sudah umum digunakan baik secara tradisional oleh pengembang diklat. Ada lima frase, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi dan evaluasi yang mempresentasikan panduan perangkat pengembangan pelatihan dan kinerja yang dinamis. Model ADDIE menggunakan pendekatan sistem. Esensi dari pendekatan sistem adalah membagi proses perencanaan pembelajaran ke beberapa langkah, untuk mengatur langkahlangkah ke dalam urutan-urutan logis, kemudian menggunakan output dari setiap langkah sebagai input pada langkah berikutnya (Cahyadi, 2019).

3.2 Prosedur Pengembangan

Adapun prosedur pengembangan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Analysis* (Analisis)

Pada tahap awal ini dilakukan dengan cara studi literatur, observasi dan wawancara mahasiswa Pendidikan Fisika dan Pengelola Laboratorium untuk mengetahui permasalahan alat praktikum fisika di Universitas Jambi sebelum melakukan perancangan pembuatan alat praktikum. Tahap ini dimaksudkan untuk memperoleh informasi tentang potensi atau masalah yang ada yang ditunjukkan secara faktual serta untuk menentukan desain dan tingkat keakurasian alat yang sesuai dengan kebutuhan.

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi dalam mencari potensi dan masalah yang berhubungan dengan penelitian pengembangan produk alat praktikum. Pada tahap ini dilakukan dengan mencari penelitian-penelitian pengembangan dengan berbasis Arduino yang telah dilakukan. Observasi dilakukan dengan cara mencari sumber, mengkaji teori serta studi lapangan mengenai data yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan alat praktikum.

Hal ini dimaksudkan data yang diambil dari observasi digunakan sebagai referensi pembuatan alat praktikum serta penentuan komponen yang akan dipakai dalam penelitian

nanti. Wawancara dilakukan untuk mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan permasalahan alat praktikum yang digunakan dalam proses pembelajaran.

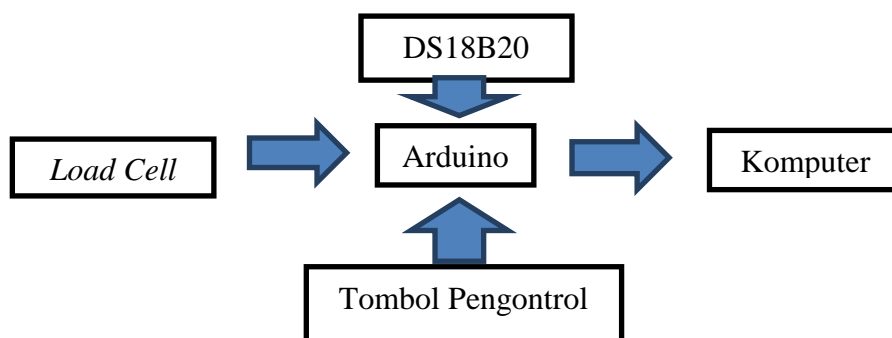
Desain alat praktikum kalor jenis yang dibuat kurang lebih harus dapat sesuai dengan apa yang diharapkan dalam observasi dan wawancara. Tujuan utama mengembangkan alat praktikum ini adalah agar dapat digunakan sebagai alternatif sarana proses pembelajaran.

2. Design (Perancangan)

Perancangan alat merupakan langkah awal untuk menentukan bentuk alat yang akan dibuat. Tahap perancangan dilakukan agar pada saat pembuatan alat dapat terselesaikan secara terstruktur, sistematis, efektif dan efisien. Pada tahap ini perancangan meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak beserta cara kerjanya.

a. Perancangan Sistem

Prinsip kerja sistem alat ukur kalorimeter ini adalah Arduino akan mendapat perintah untuk melakukan pengukuran melalui tombol *push button*, kemudian Arduino akan membaca data ADC dari sensor *load cell* maupun DS18B20 yang telah mengalami penguat. Kemudian Arduino akan mengirim data ke layar monitor, di layar monitor data-data yang dihasilkan akan diproses agar dapat menampilkan pengukuran massa kalorimeter, massa fluida, perubahan suhu dan kalor jenis suatu logam. Secara umum, perancangan sistem alat ukur kalor jenis didesain seperti diagram blok pada gambar berikut ini:

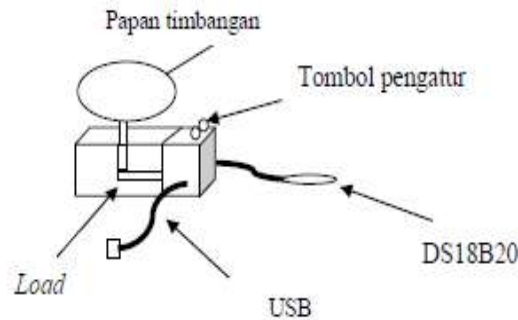


Gambar Diagram Blok Desain Alat Praktikum Kalorimeter Digital

b. Perancangan mekanik

Pada perancangan mekanik digunakan box kayu dengan ukuran 20x11 cm. Bagian atas salah satu sisinya terdapat dua lubang yang digunakan sebagai tempat kaki kaki penyangga terbuat dari alumunium berbentuk silinder agar papan timbangan tetap stabil, sedangkan disisi lainnya terdapat empat lubang sebagai dudukan tombol tekan (*push button*) dengan jarak dari masing masing tombol 2 cm. Di sisi samping kanan kiri masing masing terdapat 1 lubang yang digunakan sebagai tempat kabel USB Arduino dan kabei

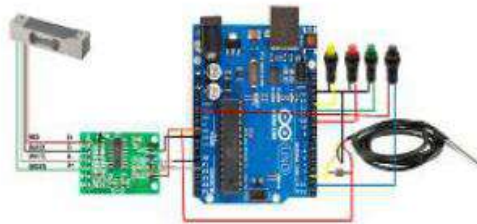
sensor DS18B20. Rancangan mekanik alat ukur kalor jenis yang dibuat seperti pada gambar berikut ini:



Gambar Perancangan Alat Mekanik Kalorimeter

c. Perancangan Perangkat Keras *Hardware* Rangkaian

Perancangan *hardware* pada alat praktikum ini meliputi rangkaian yang digunakan dalam pembuatan alat. Secara garis besar, rancangan rangkaian perangkat keras alat peraga ini ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar Rangkaian Perangkat Keras Alat Praktikum Kalorimeter

Desain perangkat keras pada gambar ..., mempunyai sistem kendali yang digunakan untuk mengolah data IC Arduino yang didalamnya berisikan program untuk mengakses data dari sensor *load cell* yang berfungsi menghitung massa air dan DS18B20 untuk mengukur derajat suhu. Data dari sensor tersebut nantinya akan ditampilkan pada layar monitor komputer. Selain itu, Arduino juga menerima input dari tombol *push button* yang berfungsi mengatur kerja dari sensor DS18B20 dan sensor *load cell*. Pin keluaran dari *load cell* dihubungkan dengan penguat (Modul HX711) dan sensor DS18B20 di hubungkan dengan resistor 4K7 terlebih dahulu agar dapat terbaca oleh pin ADC.

d. Perancangan *Software* Sistem

Perancangan *software* pada penelitian ini dilakukan pemrograman pada Arduino. Pemrograman dilakukan untuk mengatur fungsi utama dari alat peraga sebagai penghitung kalor jenis yang dihasilkan berdasarkan hasil pengukuran menggunakan sensor.

3. *Development* (Pengembangan)

Pada tahap pengembangan produk ini dilakukan pembuatan dan perakitan alat praktikum kalor jenis yang mencakup pembuatan program, dan perakitan semua komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan alat. Selain itu dilakukan validasi ahli oleh ahli media, ahli materi dan dosen fisika untuk mengetahui tingkat kelayakan alat praktikum yang dikembangkan serta melakukan uji coba terbatas.

1. Pembuatan Alat

Pada tahap pembuatan alat praktikum kalor jenis dimulai dari perancangan mekanik alat dan perancangan program dengan menggunakan *software* Arduino. Tahap selanjutnya mempersiapkan dan merangkai komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan alat praktikum kalor jenis tersebut, dan melakukan pengujian alat untuk mengetahui tingkat keberhasilan.

2. Validasi Oleh Ahli

Kegiatan ini berupa validasi dari ahli terhadap produk tersebut. Validasi tersebut dilakukan dengan meminta pertimbangan dari ahli media, ahli materi, dan dosen fisika dengan mengisi lembar validasi yang telah disediakan yang dilakukan bersama dengan uji alat praktikum dengan tujuan untuk mendapatkan nilai dan tanggapan mengenai alat praktikum kalor jenis jika dilihat dari segi ketahanan alat, keakuratan, keamanan, kepraktisan, tampilan, nilai kependidikan serta sistem kerja alat tersebut .

3. Uji Coba Terbatas

Uji coba terbatas ini dilakukan dengan menggunakan alat dalam bentuk produk yang akan dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Jambi. Uji coba terbatas dilakukan dengan mengambil sampel dari lima mahasiswa program studi pendidikan fisika untuk mendapatkan masukan (respon) dari mahasiswa sebagai pengguna alat praktikum.

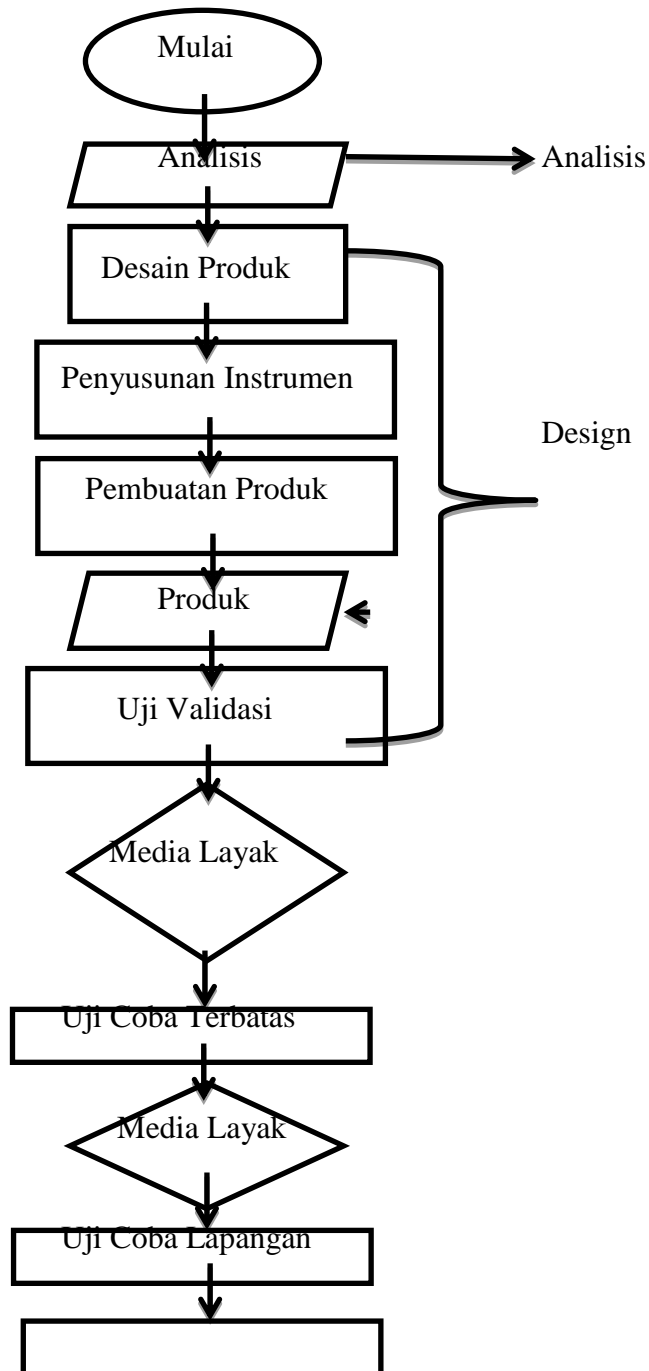
4. *Implementation* (Penerapan)

Apabila alat praktikum yang telah diuji coba terbatas dan dinilai kelayakannya langkah selanjutnya ialah mengimplementasikan didalam pembelajaran. Materi disampaikan sesuai dengan praktikum baru yang dikembangkan. Tahap implementasi berguna sebagai tahap penyempurnaan produk akhir sampai dikatakan layak.

5. *Evaluation* (Evaluasi)

Pada tahap terakhir peneliti akan mengukur ketercapaian tujuan pengembangan produk. Revisi dibuat sesuai dengan hasil evaluasi mengenai beberapa kebutuhan yang belum dapat terpenuhi melalui media baru tersebut.

Langkah kerja dalam penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar berikut ini:



3.3 Subjek Uji Coba

Subjek dalam penelitian ini yaitu mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Jambi Semester 2.

3.4 Jenis Data dan Sumber Data

3.4.1 Jenis Data

Jenis data yang diperoleh dalam penelitian pengembangan ini adalah data kuantitatif dan kualitatif:

1. Data kuantitatif diperoleh dari penilaian dari ahli materi, penilaian dari ahli media dan pengisian angket oleh mahasiswa mengenai produk yang dikembangkan. Hal ini bertujuan agar peneliti mengetahui apakah produk hasil pengembangan membutuhkan perbaikan lagi atau sudah dinyatakan layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran praktikum materi suhu dan kalor.
2. Data kualitatif diperoleh dari studi literatur, observasi awal, hasil penilaian, saran, kritik dan masukkan validator yaitu ahli materi dan ahli media untuk perbaikan terhadap produk pengembangan yang dihasilkan sebelum dilakukannya uji coba.

3.4.2 Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini adalah lembar observasi awal, lembar validasi, dan angket persepsi peserta didik.

3.5 Instrumen Pengumpulan Data

Adapun instrumen pengumpulan data pada penelitian pengembangan kali ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Lembar Observasi

Pada penelitian ini peneliti melakukan observasi awal melalui studi literatur dan wawancara secara terstruktur kepada mahasiswa pendidikan fisika semester 2 Universitas Jambi. Adapun tujuan observasi awal adalah untuk memperoleh data tentang alat praktikum ataupun ketersediaan alat yang terdapat di laboratorium fisika Universitas Jambi. Kemudian tujuan dari studi literatur dan wawancara adalah sebagai observasi awal untuk memperoleh gambaran tentang alat praktikum yang dikembangkan dan untuk mengetahui permasalahan alat yang akan dikembangkan serta untuk mengetahui kebutuhan belajar, kemampuan awal, karakteristik mahasiswa selama proses pembelajaran pada saat ini.

3.5.2 Lembar Validitas Ahli Media dan Ahli Materi

Pembuatan lembar validasi bertujuan untuk mengetahui informasi kelayakan dan kualitas dari produk yang telah dikembangkan oleh peneliti berdasarkan penilaian para dosen selaku validator. Lembar validasi tim ahli ini ada 2 yaitu ahli materi dan ahli media. Informasi hasil validasi nantinya akan berguna untuk pertimbangan saat merevisi produk alat praktikum yang telah dikembangkan hingga akhirnya menghasilkan produk yang valid.

3.5.3. Angket Persepsi Siswa

Setelah produk dinyatakan valid atau layak digunakan maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba produk untuk mendapatkan persepsi mahasiswa terhadap alat praktikum yang dikembangkan. Angket uji coba ditujukan untuk objek uji coba yaitu

mahasiswa pendidikan fisika semester 2 Universitas Jambi. Hasil persepsi mahasiswa terhadap alat praktikum yang dikembangkan kemudian akan dianalisis.

3.6 Teknis Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini adalah teknik analisis data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif digunakan untuk memperbaiki segala kekurangan produk yang dikembangkan. Sedangkan data kuantitatif digunakan untuk melihat kevalidan, kepraktisan, serta keefektifan media pembelajaran berdasarkan penilaian dari ahli validator dan peserta didik.

3.6.1 Analisis Data Kualitatif

Data kualitatif dihasilkan melalui kegiatan observasi dan saran yang diberikan oleh validator ahli materi dan ahli media. Data ini kemudian dianalisis secara deskriptif dengan menggunakan model Miles dan Huberman yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan/verifikasi data.

3.6.2 Analisis Data Kuantitatif

Data ini kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Data kuantitatif diperoleh dari skor angket validasi tim ahli materi dan ahli media serta persepsi peserta didik. Data yang diperoleh dinilai menggunakan skala likert.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, A Dan Okta, H. 2013. Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino Atmega 328P. "*Jurnal Teknologi Elektro*". Vol 4 (3): Hal 100-112.
- Aisyah, N. Alex, H dan Lailatul, N. 2022. Rancang Bangun Alat Praktikum Kalorimeter Coffee-Cup Pengukur Kalor Jenis Berbantuan Arduino Uno. "*Jurnal Pembelajaran Fisika*". Vol 11 (1): Hal 41-46.
- Anaperta, M. 2015. Praktikalitas Handout Fisika Sma Berbasis Pendekatan *Science Environment Technology And Social* Pada Materi Listrik Dinamis. "*Jurnal Riset Fisika Edukasi dan Sains*". Vol 1 (2): Hal 99-106.
- Ardianto,Widi. 2020. "*Karya Inovasi Guru Penggerak*". Semarang: Qahar Publisher.
- Cahyani, R. A. H. 2019. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis ADDIE Model. "*Jurnal Pendidikan*". Vol 3 (1): Hal 1-9.
- Dewi, D. A. K. D. S., Dewa, K. S dan Ni, M. W. 2019. Analisis Pengelolaan Alat dan Bahan Praktikum pada Laboratorium Kimia di SMA Negeri 1 Tampaksirang. "*Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*". Vol 3 (1): Hal 37- 42.
- Eriyani, V. Dedy, T dan Irma, N. 2018. Rancang Bangun Robot Pelayan Restoran Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega16 Dengan Navigasi Line Follower. "*Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*". Vol 6 (3): Hal 66-74.
- Erviani, F.R., Sutarto dan Indrawati. 2016. Model Pembelajaran *Instruction, Doing, Dan Evaluating* (Mpide) Disertai Resume Dan Video Fenomena Alam Dalam Pembelajaran Fisika Di Sma "*Jurnal Pembelajaran Fisika*". Vol 5 (1): Hal 53-59.
- Hanna, D., Sutarto dan Harijanto, A. 2016. Model Pembelajaran Tema Konsep Disertai Media Gambar Pada Pembelajaran Fisika Di Sma. "*Jurnal Pembelajaran Fisika*". Vol 5 (1): Hal 23-29.
- Ida, A. R. L., Ahmad, P. S dan Iis, H. A. W. 2017. Modul Analog To Digital Converter (ADC) 8 Bit Dengan Menggunakan Metode Successive Aproximation Register (SAR). "*Jurnal Protek*". Vol 4 (2): Hal 71-74.
- Imam, M., Esa, A dan Djuniadi. 2019. Pengendalian Suhu Air Menggunakan Sensor Suhu DS18B20. "*Jurnal J-Ensitem*". Vol 6 (1): Hal 347-352.
- Irawan, E. Dkk. 2020. "*Pendidikan Tinggi di Masa Pandemi (Transformasi, Adaptasi, dan Metamorfosis Meyongsong New Normal)*".Yogyakarta: Zahir Publishing.

- Kadir, A. 2017. *“Pemogramana Arduino dan Processing”*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Karisma, M. 2016. Penggunaan Lks Berbasis Karakter Berpikir Kritis Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas X Mipa SMA. *“Jurnal Riset Fisika Edukasi dan Sains”*. Vol 2 (2): Hal 109-114.
- Kristanto, A. 2016. *“Media Pembelajaran”*. Jawa Timur: Bintang Sutabaya.
- Kusrini. 2020. *“Modul Pembelajaran SMA FISIKA”*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Maharani, Dewi. 2020. *“Pengelolaan Laboratorium”*. Bandung: UIN Raden Intan Lampung.
- Miftah, M dan Rokhman, N. 2022. Kriteria Pemilihan dan Prinsip Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis TIK Sesuai Kebutuhan Peserta Didik. *“Jurnal Ilmiah Pendidikan”*. Vol 1 (4): Hal 412-420.
- Nikmah, S., Hartono dan Sujarwata. 2017. Kesiapan dan Pemanfaatan Laboratorium dalam Mendukung Pembelajaran Fisika SMA di Kabupaten Brebes. *“Jurnal Pendidikan Fisika”*. Vol 6 (1): Hal 1-8.
- Noviyanti, M dan Hufri. 2020. Rancang Bangun Set Eksperimen Kalorimeter Digital Dengan Pengindera Sensor Termokopel Dan Sensor *Load Cell* Berbasis Arduino Uno. *“Pillar Of Physics”*. Vol 13: Hal 34-41.
- Ramli, M. 2012. *“Media dan Teknologi Pembelajaran”*. Banjarmasin: IAIN Antasari Press.
- Safitri, H.N., Masturi dan Edie, S. S. 2018. Pengembangan Alat Praktikum Kalorimeter Bom pada Pokok Bahasan Kalor. *“Jurnal Pendidikan Fisika Unnes”*. Vol 7 (1): Hal 1-7.
- Sarjono. 2018. Pentingnya Laboratorium Fisika di SMA/MA dalam Menunjang Pelajaran Fisika. *“Jurnal Madaniyah”*. Vol 8 (2): Hal 262-271.
- Sasmoko, D. 2021. *“Arduino dan Sensor pada Project Arduino DIY”*. Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik.
- Sitorus, S. W., Ajar, S dan Kiki, R. L. 2018. Rancang Bangun *Load Cell* Kapasitas 20 kN Untuk Beban Kerja Tarik dan Tekan. *“Jurnal Ilmiah GIGA Volume”*. Vol 21 (1): Hal 15-23.
- Sukmawati, F. 2021. *“Media Pembelajaran”*. Bandung: Tahta Media Group.
- Sunarya, Y dan Agus, S. 2007. *“Mudan dan Aktif Belajar Kimia”*. Bandung: PT Setia Purna Inves.
- Surya, Yohanes. 2009. *“Suhu dan Termodinamika”*. Tangerang: PT Kandel.
- Suryani. 2020. Sistem Pengontrolan Mi3f Dengan Tiga Kecepatan Berbasis Plc *“Jurnal Vertex Elektro”*. Vol 12 (1): Hal 37-47.

- Susanto, H dan Akmal, H. 2019. "*Media Pembelajaran Sejarah Era Teknologi Informasi*". Banjarmasin: Program Studi Pendidikan Sejarah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lambung Mangkurat.
- Supu, I. Dkk. 2016. Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda. "*Jurnal Dinamika*". Vol 7(1): Hal 62-73.
- Wahyudi. Abdur, R dan Muhammad, N. 2017. Perbandingan Nilai Ukur Sensor *Load Cell* pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual. "*Jurnal Elkomika*". Vol 5 (2): Hal 207-220.
- Wedyawati, N dan Yasinta, L. 2019. "*Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar*". Yogyakarta: Deepublish.
- Widayanti dan Yuberti. 2018. Pengembangan Alat Praktikum Sederhana Sebagai Media Praktikum Mahasiswa. "*Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah*". Vol 2 (1): Hal 21-27.