

Pengembangan Mesin Stirling Tipe Gamma Sederhana Sebagai Alat Praktikum Termodinamika Kelas XI

Dewi Sri Andayani^{1*}, Syahril Ayub¹, Jannatin 'Ardhuha¹, Susilawati¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, FKIP, Universitas Mataram,

Jl. Majapahit no.62, Mataram, NTB, 83125. Indonesia

*Corresponding Author: andayanisridewi79@gmail.com

Article History

Received : March 17th, 2023

Revised : March 28th, 2023

Accepted : April 16th, 2023

Abstract: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan produk berupa mesin stirling tipe gamma sederhana sebagai alat praktikum termodinamika agar dapat digunakan sebagai pendukung pembelajaran. Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan menurut Borg & Gall. Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement* dan *Evaluate*). Tahap *analyze* memuat analisis kebutuhan, analisis pengguna dan analisis biaya. Tahap *design* memuat desain pemilihan alat dan bahan, desain awal mesin stirling dan desain penyusunan alat evaluasi. Tahap *develop* memuat validasi produk dan revisi produk. Tahap *implement* dilakukan uji coba terbatas. Serta tahap *evaluate* memuat evaluasi seluruh kegiatan yang dilakukan. Berdasarkan hasil penilaian validator ahli dan validator praktisi kelayakan mesin stirling tipe gamma sederhana dihitung menggunakan *content validity ratio* dan *content validity index* dengan perolehan sebesar 1 kategori valid. Sedangkan reliabilitas mesin stirling tipe gamma sederhana dihitung menggunakan *percentage of agreement* dengan perolehan 93,21% dengan kategori reliabel. Hasil kepraktisan mesin stirling tipe gamma sederhana berdasarkan respon peserta didik menunjukkan hasil 92,36% dengan kategori sangat praktis. Dengan demikian penggunaan mesin stirling tipe gamma sederhana sebagai alat praktikum layak dan praktis digunakan untuk mendukung pembelajaran termodinamika SMA.

Keywords: Alat praktikum, Mesin stirling tipe gamma sederhana, Termodinamika.

PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan alam atau sains (Gunawan 2015) dapat diartikan sebagai pengetahuan yang sistematis atau tersusun secara teratur berlaku umum dan berupa kumpulan data hasil observasi dan eksperimen. Salah satu rumpun ilmu dalam sains adalah fisika. Fisika merupakan salah satu mata pelajaran wajib yang diajarkan di sekolah menengah atas berdasarkan kurikulum 2013. Seperti halnya sains, fisika erat kaitannya dengan proses observasi dan eksperimen.

Berdasarkan hasil observasi pada kelas XI MIPA SMAN 1 Lembar, sebagian besar peserta didik mengungkapkan bahwa pada kegiatan pembelajaran fisika guru lebih memilih metode ceramah dibandingkan metode eksperimen. Peneliti juga melakukan kegiatan wawancara dengan guru fisika yakni di sekolah tidak mempunyai alat praktikum mesin stiring sederhana. Terlebih lagi pada mata pelajaran fisika yang membutuhkan pemahaman yang

lebih ekstra, seperti halnya mata pelajaran fisika yang sulit dimengerti dan terdiri dari banyak rumus. Sehingga guru biasanya memberi tugas kepada peserta didik hanya berupa teori dan soal-soal pada buku cetak. Pengembangan mesin stirling sebagai alat praktikum termodinamika memberikan pengalaman kepada peserta didik untuk menunjukkan fakta dari sebuah teori.

Metode eksperimen pada jenjang SMA perlu lebih dikembangkan, setelah mengetahui antusias peserta didik dalam pembelajaran. Saputro (2019) media pembelajaran sebagai alat praktikum merupakan perangkat yang dibuat oleh guru sebagai alat untuk membantu peserta didik memperoleh informasi yang merangsang pikiran, kemampuan, sehingga mampu mendorong peserta didik dalam kegiatan pembelajaran. Mesin stirling belum banyak diperkenalkan kepada peserta didik pada setiap pembahasan materi termodinamika.

Apabila guru mampu memanfaatkan potensi yang ada, mesin stirling dapat menjadi media yang baik untuk mendemonstrasikan

beberapa konsep fisika yang dasar dan fundamental. Rifatul (2015) menyatakan mesin stirling dapat memanfaatkan potensi yang mendukung pembelajaran tersebut, maka pengenalan mesin sederhana kepada peserta didik menjadi sarana yang dinilai tepat untuk melatih kemampuan berpikir serta kreativitas. Mesin stirling tipe gamma sederhana merupakan alat praktikum materi termodinamika yang digunakan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran dengan metode eksperimen.

Memanfaatkan potensi yang mendukung pembelajaran, maka pengenalan mesin stirling sederhana kepada peserta didik menjadi sarana yang dinilai tepat dalam proses pembelajaran. Menurut Narwanto (2015), mesin stirling dikenal sebagai salah satu mesin dengan kerja siklus udara panas pada sistem tertutup, belum banyak diperkenalkan kepada peserta didik pada setiap pembahasan materi termodinamika. Apabila guru mampu memanfaatkan potensi yang ada, mesin stirling dapat menjadi media yang baik untuk mendemonstrasikan beberapa konsep fisika yang dasar dan fundamental. Mesin stirling memiliki prinsip kerja yang dapat menjelaskan konsep dan hukum-hukum termodinamika.

Berdasarkan prinsip kerjanya, terdapat tiga jenis mesin stirling menurut Vneeth (2011), yaitu mesin stirling tipe alpha, mesin stirling tipe beta dan mesin stirling tipe gamma. Perbedaan ketiga tipe mesin stirling yang sangat mencolok dimana letak komponen satu sama lain yang berbeda dengan fungsinya yang sama. Komponen mesin stirling diantaranya tabung penukar panas, piston, pemindah suhu, roda, dan regenerator. Penelitian dan pengembangan yang dilakukan yakni pengembangan mesin stirling tipe gamma sederhana sebagai alat praktikum termodinamika kelas XI.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian dan pengembangan (*research and development*). Penelitian pengembangan merupakan suatu proses penelitian yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan (Ansori, 2016). Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa mesin stirling tipe gamma sederhana sebagai alat praktikum peserta didik yang digunakan dalam pembelajaran termodinamika kelas XI.

Prosedur penelitian dalam penelitian dan pengembangan yang digunakan menurut Robert (2009) yaitu metode ADDIE. Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar validasi yang diberikan kepada validator terhadap mesin stirling tipe gamma sederhana, petunjuk pembuatan dan panduan praktikum yang dikembangkan. Selain itu, angket (kuisisioner) respon yang diberikan kepada peserta didik untuk memperoleh masukan (komentar dan saran) terhadap pengamatan mesin stirling tipe gamma sederhana. Teknik analisis data dilakukan untuk mengetahui kelayakan mesin stirling dengan dua tahap yaitu analisis validitas dan reliabilitas alat praktikum dengan menggunakan skala Likert.

Tabel 1. Skor Penilaian Terhadap Pemilihan Jawaban Menurut Skala Likert.

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

Sugiyono (2013)

Nilai CVR apabila kategori sangat setuju dan setuju lebih dari setengah bernilai 1 sedangkan apabila kategori tidak setuju dan sangat tidak setuju lebih dari setengah bernilai 0, dengan begitu hasil penelitian dapat dilakukan revisi sampai sesuai dengan indikator yang setuju.

Kategori valid pada hasil analisis validitas selanjutnya dihitung reliabilitas produk, apabila produk valid dan reliabel berdasarkan analisis data maka mesin stirling dikatakan layak sebagai alat praktikum termodinamika. Selanjutnya dihitung pula CVI yang merupakan indikasi validitas isi tes. CVI merupakan rata-rata dari nilai CVR dari semua item. Validitas mesin stirling, petunjuk pembuatan dan panduan praktikum yang dikembangkan dianalisis menggunakan persamaan CVR berikut:

$$CVR = \frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (1)$$

Lawhse (1975)

Keterangan :

CVR = *Content Validity Ratio*,

n_e = Jumlah validator yang setuju,

N = Jumlah total validator.

CVI merupakan rata-rata dari nilai CVR dari semua item. Cara menghitung nilai CVI adalah dengan menggunakan persamaan.

$$CVI = \frac{\text{Jumlah seluruh CVR}}{\text{Jumlah butir item}} \quad (2)$$

Kategori hasil perhitungan CVI berdasarkan Lawhse (1975) dan Polit & Back (2006) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori penilaian CVI.

Nilai CVI	Kriteria
$-1 \leq CVI < 0$	Tidak valid
$0 \leq CVI < 1$	Cukup valid
$CVI = 1$	Valid

Mesin stirling, petunjuk pembuaan dan panduan praktikum mesin stirling tipe gamma sederhana dikatakan valid apabila nilai CVI = 1.

Reliabilitas mesin stirling, petunjuk pembuaan dan panduan praktikum mesin stirling tipe gamma sederhana dapat dihitung menggunakan metode *percentage of agreement* menurut Borich dalam Arsanty (2017) berikut:

$$PA = \left(1 - \frac{A - B}{A + B}\right) \times 100\% \quad (3)$$

A adalah skor validator yang lebih tinggi dan B adalah skor validator yang lebih rendah. Apabila nilai *percentage of agreement* $\geq 75\%$ maka mesin stirling, petunjuk pembuatan mesin stirling dan panduan praktikum mesin stirling dapat dikatakan reliabel. Apabila hasil perhitungan validitas CVI bernilai 1 dan reliabilitas PA bernilai $\geq 75\%$ maka produk dikatakan layak.

Selanjutnya dilakukan analisis kepraktisan mesin stirling tipe gamma sederhana dengan menentukan respon atau tanggapan peserta didik diberikan setelah dilakukan uji coba terbatas. Peserta didik diberikan angket (kuisisioner) respon untuk memperoleh masukan (komentar atau saran) terhadap mesin stirling dan panduan praktikum yang dikembangkan. Skor penilaian respon peserta didik dianalisis menggunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{A}{N} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

P = persentase respon peserta didik,

A = jumlah skor dari responden,

N = jumlah skor maksimal.

Adapun kriteria persentase respon peserta didik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Kriteria kepraktisan.

Persentase %	Kriteria
0 – 10	Tidak praktis
11 – 40	Kurang praktis
41 – 60	Praktis
61 – 100	Sangat praktis

Jamadi (2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Analisis (*Analyze*)

Tahap analisis meliputi beberapa langkah yang dijabarkan sebagai berikut. Analisis kebutuhan bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang permasalahan yang terjadi dalam pembelajaran fisika. Berdasarkan hasil wawancara menurut guru fisika SMAN 1 Lembar penggunaan mesin stirling tipe gamma sederhana sebagai alternatif alat praktikum peserta didik pada pokok bahasan termodinamika tidak pernah dilakukan.

Analisis pengguna pada penelitian ini adalah peserta didik XI MIPA 3. Peserta didik dibagi dalam tiga kelompok kemudian masing-masing kelompok difasilitasi mesin stirling agar dapat melakukan kegiatan eksperimen. Analisis biaya dilakukan untuk mengetahui dan mengklasifikasikan biaya yang digunakan. Pada dasarnya terdapat mesin stirling 1 set dengan penjualan harga yang cukup mahal menurut referensi *online shop* sekitar Rp300.000,- sampai Rp1000.000,- Selanjutnya dilakukan optimasi penggunaan alat dan bahan sederhana dalam proses pembuatan, agar lebih terjangkau dengan estimasi biaya 1 set alat praktikum yang dibuat yakni sebesar Rp78.000,-

Tahap Desain (*Design*)

Tahap desain bertujuan untuk menyiapkan struktur alat praktikum yang akan dikembangkan. Tahap ini terdiri dari tiga yaitu. Pemilihan alat dan bahan. Alat yang digunakan dalam pembuatan mesin stirling tipe gamma sederhana yaitu gunting serbaguna, penggaris, *cutter*, tang dan pulpen. Sedangkan bahan yang digunakan dalam pembuatan mesin stirling tipe gamma sederhana yaitu kaleng bekas pilox, amplas ukuran 200, paralon L/*knee pipa* $\frac{3}{4}$ inch, *steel wool grade* 1/serat baja, kabel serabut tembaga 10 mm, korek api kayu, lem G Korea, tutup toples plastik, paku $\frac{1}{2}$ inch, balon, baut 15 mm, karet, isolasi kertas, stik es krim, baut saklar stop

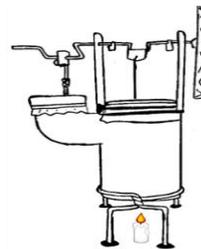
kontak, kawat 1 mm, kawat 3 mm, triplek 1 mm, lilin/spirtus. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bahan yang digunakan.

Setelah terkumpul alat dan bahan yang dibutuhkan selanjutnya desain awal alat praktikum dibuat agar fokus pada rancangan yang akan dibuat. Tahap ini diawali dengan membuat sketsa gambar mesin stirling dengan memperhitungkan bentuk dan ukuran

disesuaikan dengan referensi pada *youtube* <https://youtube.com/@hi-techmedia689> dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa mesin stirling tipe gamma.

Selain desain sketsa awal mesin stirling, yakni terdapat beberapa komponen penting mesin stirling. Berikut adalah bagian komponen mesin stirling.

1. *Heat exchanger*

Silinder atau tabung mesin stirling menahan satu sisi suhu tinggi sedangkan sisi lainnya berada pada suhu rendah. Tabung ini membantu sebagai wadah atau bejana penyimpanan panas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Heat exchanger*

2. Piston

Piston dapat bergerak bolak-balik karena pemuain udara panas, tekanan tersebut menghasilkan pergerakan apabila suhu panas maka pergerakan piston lebih cepat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Piston

3. *Displacer*

Displacer berfungsi sebagai pemindah udara panas dan udara dingin. *Displacer* membantu pergerakan komponen lainnya dan *displacer* harus memenuhi sebagian tepi kaleng dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Displacer*

4. Roda

Roda adalah massa inersia yang digabungkan dengan piston dan *displacer*. Penggabungan piston dengan *displacer* dihubungkan oleh poros. Keluaran usaha mesin dikeluarkan melalui roda.



Gambar 6. Roda

5. Penyangga

Penyangga berguna sebagai tempat proses pembakaran dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penyangga.

Setelah melalui tahap revisi dan percobaan, mesin stirling tipe gamma sederhana akan dikembangkan dan divalidasi oleh validator, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Mesin stirling.

Tahap desain dalam penyusunan alat evaluasi, tahap ini adalah menentukan alat evaluasi yang digunakan untuk mengevaluasi alat praktikum sebelum diujicobakan yaitu terdapat set alat praktikum mesin stirling tipe gamma

sederhna beserta cara pembuatan mesin stirling berupa teks dan video, panduan praktikum mesin stirling sebagai referensi peserta didik. Lembar penilaian dilakukan sebagai kelayakan mesin stirling dan panduan praktikum. Kemudian terdapat angket tanggapan peserta didik terhadap praktikum mesin stirling. Berdasarkan hasil pengamatan selanjutnya dianalisis data, beserta revisi dari saran validator pada tahap evaluasi agar menghasilkan produk yang layak.

Tahap Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan merupakan proses realisasi rancangan produk mesin stirling. Mesin stirling tipe gamma sederhana akan dilakukan dua kali pengujian yaitu validasi alat praktikum oleh 3 validator ahli dan 3 validator praktisi serta pengisian angket respon oleh peserta didik. Pengisian angket respon peserta didik dilakukan untuk mengetahui kepraktisan dari mesin stirling tipe gamma sederhana sebagai alat praktikum termodinamika kelas XI yang dibuat dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3. Hasil analisis CVI mesin stirling.

Jumlah CVR	Jml Butir Item	CVI	Kategori
10	10	1	Valid

Tabel 4. Hasil analisis CVI petunjuk pembuatan dan panduan praktikum mesin stirling.

Jumlah CVR	Jml Butir Item	CVI	Kategori
20	20	1	Valid

Tabel 5. Hasil analisis reliabilitas produk oleh validator.

Produk	PA		Ket.
	V _A	V _P	
Alat praktikum	93,80%	94,28%	Reliabel
Panduan praktikum	90,46%	93,80%	Reliabel

Tahap Implementasi (*Implement*)

Tahap implementasi merupakan tahapan dimana produk yang telah dikembangkan dan divalidasi oleh validator, lalu diujicoba dalam kelas XI MIPA 3 sebagai subjek penelitian untuk melihat respon tanggapan peserta didik. Antusias peserta didik pertama kali melihat mesin stirling sebagai alat praktikum dalam pembelajaran membuat suasana belajar menjadi menyenangkan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengenalan mesin stirling.

Selanjutnya dihitung analisis data nilai rata-rata respon 18 responden dengan 20 pertanyaan berdasarkan skala Likert didapatkan nilai rata-rata 73,89 dari nilai maksimum peserta didik 80 dengan persentase yaitu 92,36% sehingga dikategorikan sangat praktis.

Tahap Evaluasi (*Evaluate*)

Tahap evaluasi adalah proses untuk melihat apakah produk yang dikembangkan sesuai dengan harapan awal atau tidak. Tahap evaluasi dilakukan pada setiap empat tahap yaitu tahap analisis menentukan tujuan pembelajaran yaitu menghitung efisiensi mesin stirling sederhana. Selain itu pada analisis biaya dijelaskan estimasi harga mesin stirling dijual dengan mesin stirling buatan tangan sendiri yang dimana harganya lebih murah dengan membuat sendiri. Tahap desain dievaluasi pada desain awal alat praktikum diperjelas bagian komponen mesin stirling yang terdiri dari tabung, piston, *displacer*, roda dan pemanas. Pengembangan yang dilakukan yakni berdasarkan saran dan komentar dari validator ketika melakukan penelitian. Saran tersebut bertujuan untuk mengetahui kekurangan-kekurangan yang bertujuan untuk perbaikan.

Pembahasan

Produk yang dikembangkan yaitu mesin stirling tipe gamma sederhana, petunjuk pembuatan mesin stirling, panduan praktikum, dan video petunjuk pembuatan mesin stirling. Sebagai alat praktikum termodinamika kelas XI dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Mesin stirling

Produk yang kembangkan dinilai oleh 3 validator ahli yaitu dosen Pendidikan Fisika Universitas Mataram dan 2 validator praktisi yaitu pendidik fisika di SMAN 1 Lembar dan 1 pendidik fisika di MAN 1 Lombok Barat. Penilaian yang dilakukan mengacu pada skala Likert 1-4 untuk mengetahui validitas dan reliabilitas alat praktikum, kemudian dilakukan uji coba untuk mengetahui kepraktisannya.

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan nilai CVI desain produk alat praktikum dari validator ahli dan validator praktisi sebesar 1 dengan kategori valid diperoleh dari validator praktisi. Berdasarkan Tabel 5, hasil analisis data

menggunakan *percentage of agreement* (PA) produk yang dikembangkan dikategorikan reliabel dengan persentase rata-rata 93,13% diperoleh dari validator ahli dan 94,04% diperoleh dari validator praktisi. Hal tersebut menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan dinyatakan layak untuk digunakan. Link video pembuatan mesin stirling <https://youtube.com/watch?v=FdZXEnoTGQ>. Berikut video yang telah diunggah pada akun *youtube* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Video pembuatan produk.

Video panduan praktikum mesin stirling sederhana sebagai referensi peserta didik <https://youtube.com/watch?v=aqkZVv9y4y8>. Berikut video yang telah diunggah pada akun *youtube* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Video panduan praktikum.

Pembuatan mesin stirling tipe gamma sederhana sebagai alat praktikum telah didesain sebagai media yang dapat membantu dalam pembelajaran materi termodinamika. Telah disediakan video petunjuk pembuatan mesin stirling tipe gamma sederhana dan video panduan praktikum peserta didik. Video yang dibutuhkan dapat diakses bebas melalui internet atau *youtube*. Video petunjuk pembuatan mesin stirling bertujuan membantu guru dalam membuat mesin stirling sendiri, sedangkan video panduan praktikum, peserta didik dapat dengan

mudah untuk melaksanakan kegiatan eksperimen di kelas.

Pengguna yang dianalisis pada penelitian ini adalah peserta didik kelas XI SMA yang menggunakan mesin stirling tipe gamma sederhana sebagai alat praktikum termodinamika. Antusias peserta didik sangat tinggi dikarenakan pertama kali melihat mesin stirling dan dapat berputar sesuai kerjanya, sehingga dapat lebih jauh mendapatkan pengetahuan pembelajaran tentunya siklus kerja mesin stirling pada pokok bahasan termodinamika. penjelasan mengenai langkah kerja dan siklus kerja yang dilakukan pada mesin stirling. Tersedianya cara pembuatan dan petunjuk penggunaan alat dapat memudahkan peserta didik dalam melakukan kegiatan praktikum di kelas.

Murdani (2020) menyatakan bahwa kepraktisan dilihat dari dapat tidaknya produk pengembangan diterapkan di lapangan dengan hasil data kepraktisan yang diperoleh berdasarkan angket respon siswa. Perhitungan kepraktisan mesin stirling tipe gamma sederhana didasarkan pada data yang diperoleh dari angket respon peserta didik. Angket respon peserta didik diberikan kepada 18 responden. Hasil analisis angket respon menunjukkan rata-rata jumlah skor penilaian 73,89 dari nilai maksimum 80,00 atau jika dipersentase bernilai 92,36% sehingga dapat dikategorikan sangat praktis. Hal ini menunjukkan bahwa mesin stirling tipe gamma sederhana mendapat respon positif dari peserta didik.

Produk mesin stirling tipe gamma sederhana dapat memberikan pengalaman baru dalam proses pembelajaran yang sangat menyenangkan. Ketersediaan panduan praktikum pada mesin stirling tipe gamma sederhana sangat membantu peserta didik dalam menggunakan alat praktikum, oleh sebab itu pada kegiatan eksperimen untuk setiap percobaan disediakan petunjuk penggunaan. Berdasarkan hasil ujicoba dari penelitian dan pengembangan secara keseluruhan dapat dikategorikan sangat layak dan sangat praktis yaitu terlihat pada data yang diperoleh dari perhitungan semua aspek penilaian.

KESIMPULAN

Mesin stirling tipe gamma sederhana yang dikembangkan layak dan praktis digunakan

sebagai alat praktikum dalam pembelajaran materi termodinamika kelas XI SMA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas diskusi dan pemberian saran selama proses pembuatan alat praktikum, serta kepala sekolah SMAN 1 Lembar, guru dan peserta didik yang sudah terlibat aktif dalam penelitian ini. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat sekolah dan lainnya.

REFERENSI

- Ansori, A. (2016). Psikologi Pendidikan Pendekatan Multidisipliner. Banyumas: CV Pena Persada.
- Arsanty & Wiyatmo, Y. (2017). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Model Pembelajaran STS dalam Peningkatan Penguasaan Materi dan Pencapaian Kreativitas Peserta Didik SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 6 (1), 23-32.
- Gunawan, G. (2015). Model Pembelajaran Berbasis ICT. Mataram: FKIP UNRAM Press.
- Jamadi. (2018). Penggunaan Media Virtual Laboratory dalam Pembelajaran Konsep Optik Geometri di SMK Kesehatan Asy-Syifa School Banda Aceh." Skripsi. Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Lawhse, C. H. (1975). *A Quantitative Approach to Content Validity*. Journal Personnel Psychology. Hlm. 536-575.
- Murdani, E. (2020). Hakikat Fisika dan Keterampilan proses Sains. *Jurnal Filsafat Indonesia*. 3(3): 72.
- Narwanto (2013). Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga Mesin Stirling di SMK PGRI 1 Surakarta, Skripsi Sarjana, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Polit, D. F. & Beck, C. T. (2006). The content validity index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 29 (5), 489–97
- Rifatul, M & Acep, P. (2015). KIT Sederhana Mesin Stirling untuk Materi Termodinamika di SMA serta Evaluasi Pembelajarannya. *Jurnal PROSDING SKF*. Hlm. 318-323.

- Robert, M. B. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. USA: Departemen Psikologi Pendidikan dan Teknologi.
- Saputro, C. E., Prabowo, P. & Admoko, S. (2019). Pengembangan Alat Peraga Mesin Carnot Sebagai Media Pembelajaran Dengan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing. *Inovasi Pendidikan Fisika*. 8(2), 716-721.
- Sugiyono, S. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Vineeth, C. S. (2011). *Stirling Engines: A Beginners Guide*. India: NP.