



Pengembangan Alat Peraga Kincir Angin Berbasis Uap Panas Sebagai Media Pembelajaran Hukum II Termodinamika

Raihan Ahmad Fadhillah^{1*}, Zakaria Arkansyah², Ramdani³, Della Nurmalita⁴, Popi Purwanti⁵
Universitas Indraprasta PGRI
* E-mail: raihanunindra@gmail.com

Abstract

This research aims to test the validity of hot steam-based windmill teaching aids, which are used to teach material on the Second Law of Thermodynamics. Apart from that, this research also describes the level of attractiveness, practicality and benefits of these teaching aid products. The approach used in this development research is Design and Development Research (DDR), with data analysis techniques which include assessing the results of validity tests and practicality tests. The data used in the practicality test includes the results of assessments of the tool's implementation, student responses, and teacher perceptions. Based on the research results, the teaching aids developed show a very good validity category. Apart from that, students' responses to this teaching aid are also positive, and teachers' perceptions of the use of this tool also show good results.

Keywords : Teaching aids, Hot Steam, Second Law of Thermodynamics.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kevalidan alat peraga kincir angin yang berbasis uap panas, yang digunakan untuk mengajarkan materi Hukum II Termodinamika. Selain itu, penelitian ini juga mendeskripsikan tingkat daya tarik, kepraktisan, dan manfaat dari produk alat peraga tersebut. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini adalah *Design and Development Research (DDR)*, dengan teknik analisis data yang meliputi penilaian terhadap hasil uji validitas serta uji kepraktisan. Data yang digunakan dalam uji kepraktisan meliputi hasil penilaian terhadap keterlaksanaan alat, respon peserta didik, dan persepsi guru. Berdasarkan hasil penelitian, alat peraga yang dikembangkan menunjukkan kategori validitas yang sangat baik. Selain itu, respon peserta didik terhadap alat peraga ini juga tergolong positif, dan persepsi guru terhadap penggunaan alat ini pun menunjukkan hasil yang baik.

Kata kunci: Alat Peraga, Uap Panas, Hukum II Termodinamika.

PENDAHULUAN

Pembelajaran abad 21 menjadi kunci utama dalam dunia pendidikan untuk membentuk generasi penerus bangsa yang cakap, terampil, dan siap menghadapi tantangan global. Dalam pembelajaran fisika, khususnya, peserta didik diharapkan tidak hanya memahami konsep-konsep teoretis dan menghafal rumus-rumus dari buku. Mereka juga dituntut untuk berperan aktif, mengembangkan kemampuan berpikir kritis, serta berinovasi dalam menyelesaikan permasalahan ilmiah. Keterampilan abad 21, seperti berpikir kritis dan pemecahan masalah, dapat dilatih melalui keterampilan proses sains, yang sangat penting terutama bagi siswa yang menekuni ilmu sains (Turiman et al., 2012). Keterampilan proses sains mengajak peserta didik untuk mandiri dalam menemukan fakta, konsep, dan teori melalui proses pembelajaran yang eksploratif (Ates & Eryilmaz, 2011).

Untuk mencapai tujuan tersebut, media pembelajaran, termasuk alat peraga, berperan penting dalam membantu peserta didik memahami materi secara lebih mendalam. Media pembelajaran fisika, khususnya, dapat memberikan informasi yang mendorong peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir dan mengasah keterampilan ilmiah (Cahyo et al., 2019). Pemanfaatan media pembelajaran yang sesuai dengan materi dan metode pembelajaran yang tepat akan menciptakan proses belajar yang efektif, efisien, dan menarik (Arsyad, 2011). Alat peraga fisika juga berfungsi sebagai media visual

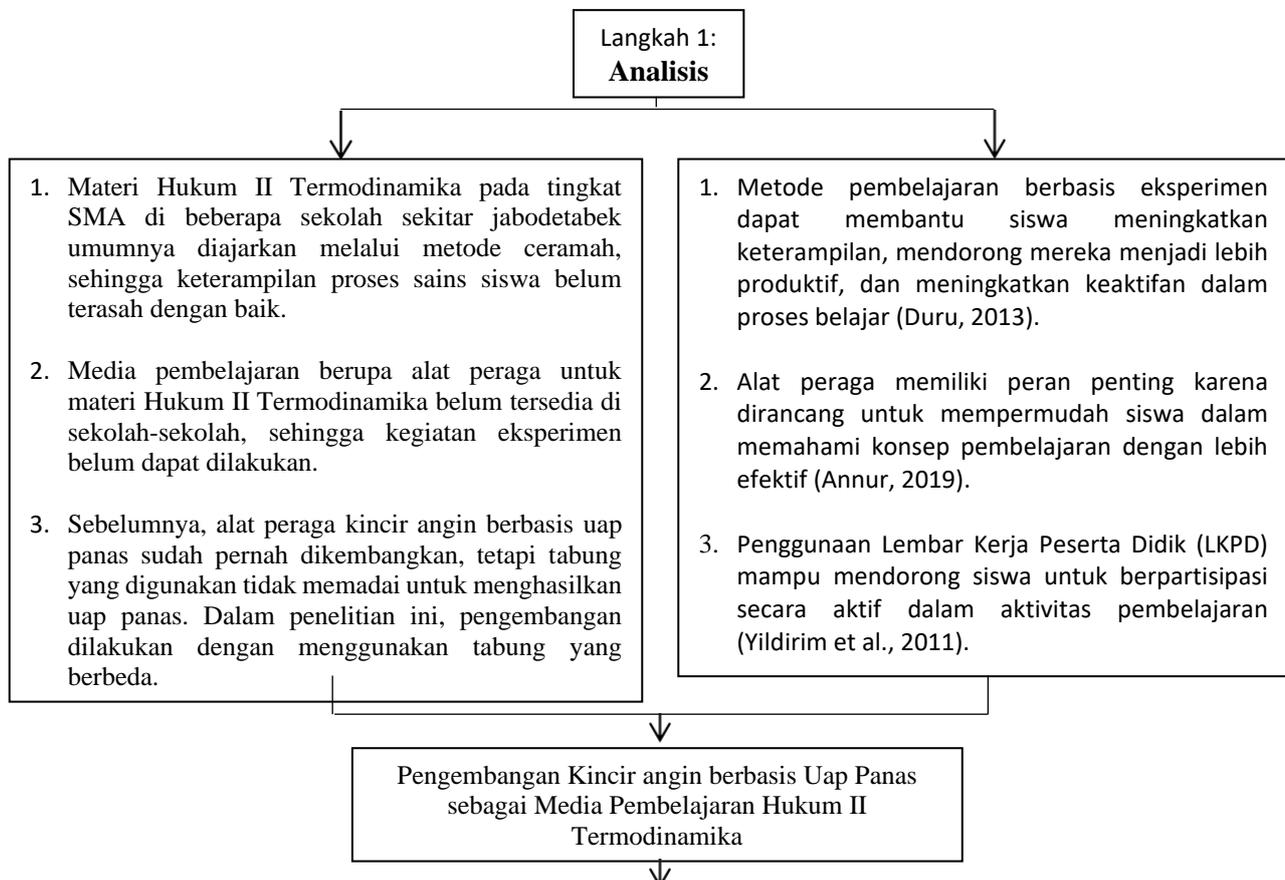
yang mampu memperjelas konsep-konsep yang bersifat abstrak, meningkatkan motivasi belajar, dan membantu siswa menyerap materi dengan lebih baik (Maharani et al., 2017).

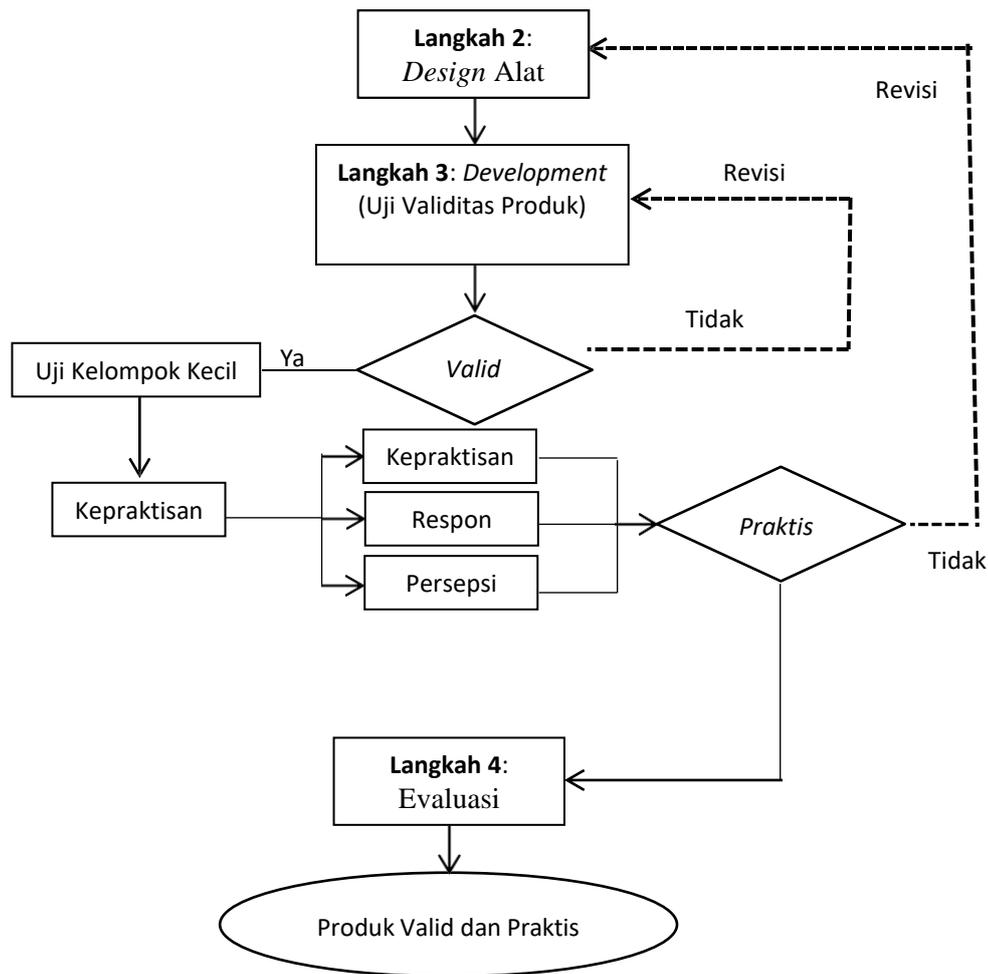
Hukum II Termodinamika merupakan salah satu konsep penting dalam fisika, tetapi memiliki sifat abstrak dan sulit dipahami jika hanya dijelaskan secara verbal atau melalui bacaan (Kristiani et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan alat peraga yang dapat membantu siswa memahami konsep ini dengan lebih nyata (Purwanti, 2023). Alat peraga berbasis eksperimen, seperti kincir angin yang digerakkan oleh uap panas, berpotensi menjadi solusi untuk memvisualisasikan prinsip-prinsip Hukum II Termodinamika. Melalui eksperimen, siswa dapat meningkatkan keterampilan, produktivitas, keaktifan, serta keterlibatan dalam proses pembelajaran (Ardestani & Badrian, 2014). Kegiatan eksperimen memungkinkan siswa untuk melakukan percobaan sendiri, mengamati fenomena, menganalisis hasil, dan menarik kesimpulan berdasarkan pengalaman langsung. Dengan demikian, siswa dilatih untuk mengalami proses ilmiah secara langsung, mengeksplorasi kebenaran ilmiah, dan merumuskan kesimpulan berdasarkan observasi (Festiana, 2019).

Berdasarkan wawancara dengan beberapa guru fisika di SMA Bina Dharma, diketahui bahwa pembelajaran Hukum II Termodinamika umumnya hanya disampaikan melalui metode ceramah dan media buku, tanpa alat peraga pendukung. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan fasilitas alat peraga di laboratorium sekolah. Ketidakhadiran alat peraga khusus untuk materi Termodinamika membuat guru harus lebih kreatif dalam menyampaikan materi agar siswa tetap memahami fenomena yang terkandung dalam Hukum II Termodinamika.

METODE PENELITIAN

Penelitian pengembangan ini menggunakan pendekatan Design and Development Research (DDR) dengan mengadaptasi prosedur penelitian dari Klien & Richey (2007). Pendekatan ini melibatkan empat tahap utama, yaitu analisis, perancangan, pengembangan, dan evaluasi. Setiap tahap ini dijelaskan lebih rinci pada Gambar 1.





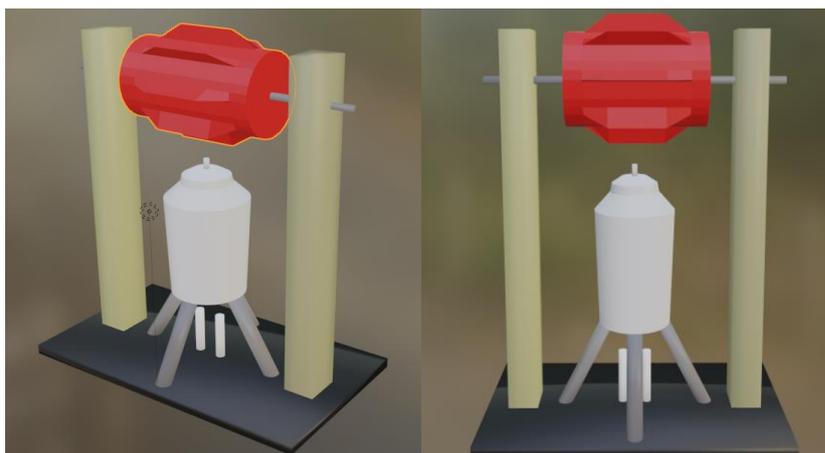
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

a. Analisis

Tahap analisis bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dengan menelaah masalah, harapan, dan solusi yang diinginkan. Identifikasi masalah dilakukan melalui wawancara dengan guru fisika di SMA Bina Dharma, Ciracas. Hasil wawancara menunjukkan bahwa tidak tersedia media interaktif, seperti alat peraga sederhana, untuk materi Hukum II Termodinamika.

b. Desain

Langkah berikutnya adalah membuat desain atau perancangan produk yang akan dikembangkan, yaitu alat peraga fisika mengenai Hukum II Termodinamika dengan model pembelajaran penemuan terbimbing. Pada tahap ini, perencanaan dilakukan untuk merancang alat peraga yang mencakup materi Hukum II Termodinamika, yaitu sebuah kincir angin berbasis uap yang dikembangkan. Desain atau perancangan alat peraga ini dibuat oleh peneliti seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Turbin Uap

c. Pengembangan

Setelah desain produk selesai, langkah berikutnya adalah pembuatan alat peraga dan panduan praktikum fisika terkait Hukum II Termodinamika. Tahap ini menghasilkan produk berupa alat peraga. Selanjutnya, dilakukan uji validitas oleh tim ahli, yang terdiri dari dua dosen Pendidikan Fisika Universitas Indraprasta PGRI dan satu guru SMA Bina Dharma yang berkompeten dalam bidang terkait produk pengembangan, termasuk keseluruhan pengemasan desain alat peraga.

d. Evaluasi

Tahap evaluasi bertujuan untuk memastikan bahwa setiap langkah dalam prosedur pengembangan telah sesuai dan berjalan dengan baik. Pada pengembangan alat peraga fisika mengenai Hukum II Termodinamika, dilakukan evaluasi formatif. Evaluasi formatif ini diterapkan di setiap tahap prosedur pengembangan, yaitu pada tahap analisis, perencanaan, pengembangan, dan implementasi. Evaluasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan revisi dalam penelitian dan pengembangan.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pedoman wawancara, angket uji validasi, angket uji kepraktisan, angket respon peserta didik, dan angket persepsi guru. Penskoran untuk angket uji validasi dan uji kepraktisan menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011: 131), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Skala Likert pada Angket Validasi

| Aspek yang diamati | Skor | | | |
|------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 3,26 - 4,00 | 2,51 - 3,25 | 1,76 - 2,50 | 1,00 - 1,75 |
| Materi | Sangat Valid | Valid | Kurang Valid | Tidak Valid |
| Ilustrasi | Sangat Valid | Valid | Kurang Valid | Tidak Valid |
| Kualitas dan Tampilan Media | Sangat Valid | Valid | Kurang Valid | Tidak Valid |
| Daya Tarik | Sangat Valid | Valid | Kurang Valid | Tidak Valid |
| Ketersediaan Alat dan Bahan | Sangat Valid | Valid | Kurang Valid | Tidak Valid |

Tabel 2. Skala Likert pada Angket Uji Kepraktisan

| No | Aspek yang dinilai | Skor | | | |
|----|--|-------------|------|-------------|------------|
| | | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | Kemenarikan Alat Peraga | Sangat Baik | Baik | Kurang Baik | Tidak Baik |
| 2 | Kemudahan dan Kepraktisan Penggunaan Alat Peraga | Sangat Baik | Baik | Kurang Baik | Tidak Baik |
| 3 | Kemanfaatan Penggunaan Alat Peraga | Sangat Baik | Baik | Kurang Baik | Tidak Baik |

Berikut adalah cara menuliskan rumus analisis persentase untuk data validasi produk:

$$p = \frac{\text{Rerata skor yang didapat}}{\Sigma \text{Total}} \quad (1)$$

Setelah skor (p) diperoleh, hasilnya dikonversi ke dalam kategori yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2011), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Konversi Skor Penilaian Uji Validasi

| Interval Skor Hasil Penilaian | Kriteria |
|-------------------------------|--------------|
| 3,25 < skor < 4,00 | Sangat Valid |
| 2,50 < skor < 3,25 | Valid |
| 1,75 < skor < 2,50 | Kurang Valid |
| 1,00 < skor < 1,75 | Tidak Valid |

Data kepraktisan dianalisis menggunakan analisis persentase dengan rumus berikut :

$$\%p = \frac{\text{Rerata skor yang didapat}}{\Sigma \text{Total}} \times 100\% \quad (2)$$

Setelah skor (p) dihitung, hasilnya dikonversi ke dalam kategori berdasarkan kriteria yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2011), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Konversi Skor Penilaian Uji Kepraktisan

| Interval Penilaian | Skor | Hasil | Kriteria |
|--------------------|------|-------|----------------|
| 0,00% - 20% | | | Tidak praktis |
| 20,1% - 40% | | | Kurang praktis |
| 40,1% - 60% | | | Cukup praktis |
| 60,1% - 80% | | | Praktis |
| 80,1% - 100% | | | Sangat praktis |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan alat peraga kincir angin berbasis uap panas yang digunakan sebagai media pembelajaran untuk Hukum II Termodinamika. Dalam penelitian ini diterapkan pendekatan *Design and Development Research* (DDR), yang diadaptasi dari prosedur penelitian oleh Klien & Richey (2007). Pendekatan ini meliputi empat tahap utama, yaitu analisis (*analyze*), perancangan (*design*), pengembangan (*development*), dan evaluasi (*evaluation*).

Tahap Analysis

Tahap analisis dilakukan dengan mengidentifikasi masalah, harapan, dan solusi. Identifikasi masalah dilakukan melalui wawancara dengan guru fisika di SMA Bina Dharma. Wawancara dilakukan secara langsung maupun melalui media sosial (*WhatsApp*). Dalam wawancara ini, dua guru fisika dari SMA Bina Dharma menyampaikan bahwa tidak tersedia media interaktif, seperti alat peraga sederhana, yang dapat digunakan untuk pembelajaran Hukum II Termodinamika. Data yang diperoleh dari wawancara guru disajikan dalam bentuk data kualitatif.

Berdasarkan wawancara tersebut, ditemukan bahwa pembelajaran Hukum II Termodinamika di SMA Bina Dharma umumnya masih disampaikan menggunakan metode ceramah. Tidak adanya alat peraga sederhana di laboratorium sekolah menyebabkan proses pembelajaran kurang memberikan pengalaman visual kepada siswa. Padahal, alat peraga memiliki manfaat penting, seperti meningkatkan motivasi belajar, membantu siswa memahami konsep abstrak, dan mendorong pengalaman belajar yang lebih mendalam (Saputra & Rahman, 2020).

Hasil wawancara ini juga menunjukkan bahwa alat peraga sederhana khusus untuk materi Hukum II Termodinamika belum pernah dikembangkan. Hal ini menjadi kendala karena konsep Hukum II Termodinamika, seperti entropi dan efisiensi energi, bersifat abstrak dan sulit dijelaskan hanya dengan teori. Penjelasan visual melalui alat peraga eksperimental dapat membantu siswa memahami konsep tersebut dengan lebih baik (Santoso, 2019). Kekurangan ini menunjukkan adanya kesenjangan antara proses pembelajaran di lapangan dan tuntutan pembelajaran abad ke-21, di mana siswa diharapkan lebih aktif dan terlibat secara langsung dalam proses pembelajaran.

Sebagai solusi terhadap permasalahan ini, penulis merancang alat peraga berupa kincir angin berbasis uap panas sebagai media pembelajaran Hukum II Termodinamika. Solusi ini bertujuan untuk memberikan pengalaman eksperimen yang relevan bagi siswa, sehingga mereka dapat memahami konsep abstrak dengan lebih baik melalui percobaan langsung. Tahap awal pengembangan alat peraga ini dimulai dengan mengumpulkan informasi melalui studi literatur, baik dari buku, jurnal, maupun sumber internet.

Informasi yang dikumpulkan mencakup teori Hukum II Termodinamika serta panduan pembuatan alat peraga sederhana. Berdasarkan informasi tersebut, alat peraga berupa kincir angin berbasis uap panas dirancang menggunakan bahan-bahan yang mudah ditemukan di sekitar dengan biaya yang relatif terjangkau. Alat ini diharapkan mampu menggambarkan proses transformasi energi dan efisiensi termodinamika secara visual, sehingga memberikan nilai tambah dalam pembelajaran fisika di SMA Bina Dharma.

Tahap Design

Tahap desain merupakan langkah penting di mana peneliti merancang produk berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan berbagai referensi yang relevan untuk mendukung proses pembuatan alat peraga kincir angin berbasis uap panas. Langkah-langkah dalam tahap ini mencakup pengumpulan referensi, perancangan alat peraga, serta pembuatan instrumen untuk mengukur validitas, kepraktisan, persepsi guru, dan tanggapan peserta didik.

Perancangan Alat Peraga

Referensi yang digunakan berfungsi sebagai pedoman bagi peneliti dalam merancang alat peraga kincir angin berbasis uap panas. Produk alat peraga ini dirancang menggunakan alat dan bahan yang mudah ditemukan di sekitar serta memiliki biaya yang relatif terjangkau. Produk alat peraga ini mencakup tabung kaleng, penyangga, kincir uap, dan sumpit penyangga.

Alat peraga kincir angin berbasis uap panas ini termasuk dalam kategori media pembelajaran yang mendukung pengajaran Hukum II Termodinamika (Saputra & Eriyanto, 2023). Temuan ini membuktikan bahwa penggunaan alat peraga dapat membantu guru menjelaskan dan menyampaikan konsep secara lebih jelas dan sistematis. Alat ini juga meningkatkan pemahaman peserta didik serta mendorong pembelajaran yang lebih interaktif dan kontekstual. Sebagaimana diungkapkan oleh Khalil et al. (2018), media pembelajaran yang efektif dapat memfasilitasi guru dalam memberikan pengajaran yang lebih aktif dan relevan bagi siswa.

Tahap Development

Tahap selanjutnya adalah pengembangan (*development*) produk berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya. Pada tahap ini, dihasilkan alat peraga kincir angin berbasis uap sederhana yang kemudian diuji melalui serangkaian evaluasi, termasuk uji validitas dan uji kelompok kecil. Uji kelompok kecil meliputi pengujian kepraktisan, tanggapan peserta didik, serta persepsi guru terhadap produk yang dikembangkan.

Tabel 5. Hasil Uji pada Aspek Materi

| No | Aspek Penilaian Uji Ahli pada Aspek Materi | Rata-rata Skor Penguji | Pernyataan Kualitatif |
|---|--|------------------------|-----------------------|
| 1 | Kesesuaian dengan Materi Pembelajaran | 4,00 | Sangat Valid |
| 2 | Kesesuaian dengan Tujuan Pembelajaran | 4,00 | Sangat Valid |
| 3 | Kesesuaian dengan Kompetensi Dasar | 4,00 | Sangat Valid |
| Rata-rata Skor Uji Ahli pada Aspek Materi | | 4,00 | Sangat Valid |

Tabel 6. Hasil Uji Ahli pada Aspek Ilustrasi

| No | Aspek Penilaian Uji Ahli pada Aspek Ilustrasi | Rata-rata Skor Penguji | Pernyataan Kualitatif |
|--|---|------------------------|-----------------------|
| 1 | Dapat Memberikan Ilustrasi yang Sesuai dengan Keadaan yang Sebenarnya | 3,67 | Sangat Valid |
| 2 | Dapat Mempermudah Siswa dalam Membayangkan | 3,67 | Sangat Valid |
| Rata-rata Skor Uji Ahli pada Aspek Ilustrasi | | 3,67 | Sangat Valid |

Tabel 7. Hasil Uji Ahli pada Aspek Kualitas dan Tampilan Media

| No | Aspek Penilaian Uji Ahli pada Aspek Kualitas dan Tampilan Media | Rata-rata Skor Penguji | Pernyataan Kualitatif |
|--|---|------------------------|-----------------------|
| 1 | Menarik Perhatian Siswa | 3,33 | Sangat Valid |
| 2 | Tidak Mudah Rusak | 3,67 | Sangat Valid |
| Rata-rata Skor Uji Ahli pada Aspek Kualitas dan Tampilan Media | | 3,50 | Sangat Valid |

Tabel 8. Hasil Uji Ahli pada Aspek Daya Tarik

| No | Aspek Penilaian Uji Ahli pada Aspek Daya Tarik | Rata-rata Skor Penguji | Pernyataan Kualitatif |
|---|--|------------------------|-----------------------|
| 1 | Dapat Mengurangi Ketergantungan Siswa Pada Guru | 3,67 | Sangat Valid |
| 2 | Dapat Meminimalisir Salah Persepsi Yang Terjadi Pada Siswa | 4,00 | Sangat Valid |
| Rata-rata Skor Uji Ahli pada Aspek Daya Tarik | | 3,83 | Sangat Valid |

Tabel 9. Hasil Uji Ahli pada Aspek Ketersediaan Alat dan Bahan

| No | Aspek Penilaian Uji Ahli pada Aspek Ketersediaan Alat dan Bahan | Rata-rata Skor Penguji | Pernyataan Kualitatif |
|--|---|------------------------|-----------------------|
| 1 | Mudah Didapatkan di Lingkungan Sekitar | 4,00 | Sangat Valid |
| 2 | Dibuat dari Bahan-Bahan yang Relatif Murah | 3,67 | Sangat Valid |
| Rata-rata Skor Uji Ahli pada Aspek Ketersediaan Alat dan Bahan | | 3,83 | Sangat Valid |

Hasil Data Uji Coba Alat

Hasil data uji coba alat dilakukan menggunakan alat peraga kincir angin berbasis uap. Langkah awal percobaan ini, air dimasukan ke dalam tabung air lalu pembakar bunsen dinyalakan supaya tabung bisa menghasilkan uap air. Setelah tes awal dilakukan dan diketahui alat dapat bekerja dengan baik maka dimulailah pengujian untuk mendapatkan data seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Data Uji Coba Alat

| No. | Volume Air (V) (L) | Suhu Air (T) ($^{\circ}\text{C}$) | Waktu Pemanasan (t) (s) | Tekanan Uap (P) (kPa) | Kecepatan Putaran (rpm) | Kalor Masuk (Q_{in}) (J) | Kerja (W) (J) | Efisiensi (η) (%) |
|-----|------------------------|---|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 0,1 | 100 | 300 | 101 | 50 | 12500 | 250 | 2,00 |
| 2 | 0,2 | 100 | 400 | 150 | 80 | 20000 | 400 | 2,00 |
| 3 | 0,3 | 100 | 500 | 200 | 110 | 30000 | 600 | 2,00 |

Uji Keterlaksanaan

Pengujian keterlaksanaan dilakukan dengan melibatkan 5 peserta didik yang telah menggunakan alat peraga berupa kincir angin berbasis uap panas, bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana alat peraga tersebut dapat diterapkan. Proses pengujian dilakukan menggunakan lembar observasi pengguna yang berisi 10 pernyataan. Hasil dari pengujian tersebut disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Uji Keterlaksanaan

| No | Aspek yang dinilai | Rata-rata Skor Penguji | Pernyataan Kualitatif |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | Kemenarikan | 3,60 | Sangat Baik |
| 2 | Kemudahan dan kepraktisan | 3,07 | Baik |
| 3 | Kemanfaatan | 3,60 | Sangat Baik |
| Rata-rata skor Uji Keterlaksanaan | | 3,42 | Sangat Baik |

Hasil uji keterlaksanaan menunjukkan rata-rata skor 3,42, menandakan bahwa alat peraga kincir angin berbasis uap panas sangat efektif sebagai media pembelajaran untuk materi Hukum II Termodinamika. Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa penggunaan alat peraga dalam pembelajaran memberikan pengalaman konkret kepada siswa, terutama pada materi yang bersifat abstrak. Alat peraga ini membantu peserta didik memahami dan mendalami konsep materi secara lebih mendalam, serta mendorong keterlibatan aktif mereka dalam proses pembelajaran, sehingga memberikan manfaat yang signifikan.

Lalu, hasil uji kepraktisan produk yang terdiri dari respon peserta didik dan persepsi guru diperoleh rata-rata persentase sebesar 82% dengan kategori baik.

Tahap 12. Hasil Uji Kepraktisan Produk

| No. | Aspek yang Dinilai | Rata-Rata Skor Penguji | Kategori |
|------------------|----------------------|------------------------|----------|
| 1. | Respon peserta didik | 80% | Baik |
| 2. | Persepsi Guru | 90% | Baik |
| Rata-rata | | 85% | Baik |

Respon peserta didik diperoleh melalui pengisian angket yang berisi 20 pernyataan. Angket ini diisi oleh 5 peserta didik setelah menggunakan dan menyaksikan video alat peraga melalui Google Form. Berdasarkan analisis respon peserta didik, diperoleh rata-rata persentase sebesar 80% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan bahwa alat peraga tersebut dapat digunakan secara efektif oleh peserta didik. Selain itu, hasil ini juga mengindikasikan bahwa alat peraga kincir angin berbasis uap panas mampu membantu peserta didik memahami materi Hukum II Termodinamika karena bersifat praktis, menarik, dan mudah digunakan dalam proses pembelajaran.

Uji kepraktisan juga dilakukan melalui persepsi guru yang dinilai menggunakan angket dengan 14 aspek penilaian. Dari hasil pengisian angket oleh 5 guru, diperoleh rata-rata akhir sebesar 90% yang masuk dalam kategori baik. Hasil ini mengindikasikan bahwa alat peraga kincir angin berbasis uap panas dapat diterapkan dengan efektif dalam pembelajaran, khususnya pada materi Hukum II Termodinamika.

Tahap *Evaluation*

Tahap evaluation (evaluasi) terdiri dari evaluasi formatif dan evaluasi sumatif yang dilakukan untuk memperbaiki prototype alat peraga. Evaluasi formatif dilakukan pada setiap tahap penelitian, yaitu dengan memperbaiki alat peraga berdasarkan saran dan masukan dari validator pada saat validasi produk. Evaluasi sumatif dilakukan setelah uji kelompok kecil. Respon peserta didik yang telah menggunakan alat peraga menunjukkan bahwa alat peraga kincir angin berbasis uap ini membantu peserta didik dalam memahami materi Hukum II Termodinamika karena praktis, menarik, dan mudah digunakan dalam pembelajaran.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis data penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat peraga kincir angin berbasis uap panas dinyatakan sangat valid sebagai media pembelajaran Hukum II Termodinamika berdasarkan penilaian uji ahli. Selain itu, alat peraga ini juga terbukti praktis digunakan dalam pembelajaran materi Hukum II Termodinamika untuk siswa SMA kelas XI. Hal ini didukung oleh hasil uji keterlaksanaan, tanggapan positif dari peserta didik, serta persepsi guru yang menunjukkan bahwa alat peraga ini efektif dan layak diterapkan dalam proses pembelajaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Ibu Popi Purwanti dosen pengampu mata kuliah Desain Pembuatan Alat Peraga IPA Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Indraprasta PGRI yang telah memberi arahan dan masukan yang bermanfaat bagi kami dalam menyusun artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, A. (2011). *Media Pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.

- Ates, S., & Eryilmaz, A. (2011). "The effect of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions in physics." *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 577-597.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Kristiani, I., Kristiyanto, W. H., & Rondonuwu, F. S. (2020). Model Mesin Stirling 3D Printing sebagai Media Belajar Fisika Materi Termodinamika. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 3(1), 24-31.
- Purwanti, P. (2023, December). Analisis Desain Alat Peraga Fisika Pada Materi Termodinamika. In *SINASIS (Seminar Nasional Sains)* (Vol. 4, No. 1).
- Saputra, D. T. S., & Eriyanto, B. (2023). Konversi Energi Angin: Investigasi Komprehensif terhadap Teknologi Turbin Angin. *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(12).
- Turiman, P., Omar, J., Daud, A. M., & Osman, K. (2012). Fostering the 21st century skills through scientific literacy and science process skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 59, 110-116.
- Wiyanto & Widiyatmoko, A. (2016). Preparation Model of Student Teacher Candidate in Developing Integrative Science Learning. *Journal of Education and Human Development*, 5(2), 169-177.
- Yolanda, Y. (2021). Pengembangan Modul Ajar Fisika Termodinamika Berbasis Kontekstual. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 1(03), 80-95.
- Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. Arlington: NSTA Press.
- Kuantitatif, P. P. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. *Alfabeta, Bandung*.