

Pengembangan Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling Sel Surya Sebagai Media Pembelajaran Fisika

Muhammad Ridwan^{1*}, Hadma Yuliani¹, dan Nur Inayah Syar³

¹Program Studi Tadris Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan,
IAIN Palangka Raya, Indonesia

²Program Studi PGMI, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan,
IAIN Palangka Raya, Indonesia

* ridwan12.id@gmail.com

Abstrak

Pengembangan prototipe sebagai media pembelajaran di lembaga pendidikan yang menggabungkan dua sumber energi kedalam satu buah sistem alat. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan desain prototipe, kelayakan prototipe, dan tanggapan guru serta peserta didik terhadap hasil dari pengembangan prototipe kincir angin. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* model 4-D. Teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kualitatif. Data diperoleh melalui lembar validasi dan angket respon peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kincir angin vertikal dengan jenis savonius dengan melakukan pengembangan pada bagian bilah baling-baling menggunakan sel surya. Kelayakan prototipe kincir angin meliputi kelayakan desain dan kelayakan produk. Kelayakan desain memiliki kategori sangat baik dan kelayakan produk memiliki kategori baik. Tanggapan guru dan peserta didik terhadap hasil dari pengembangan prototipe kincir angin sebesar 86% dengan kategori sangat baik dan 77,3% dengan kategori baik. Berdasarkan dari hasil penelitian tersebut dihasilkan sebuah produk berupa kincir angin savonius yang dapat berfungsi sebagai media pembelajaran fisika untuk peserta didik. Selain itu, kincir angin tersebut dapat dijadikan sumber energi terbarukan. Kincir angin tersebut mampu menghasilkan energi dari dua sumber yang berbeda dalam satu buah alat, sehingga diharapkan akan mampu menjadi pembangkit listrik tenaga angin dan matahari yang membantu pasokan listrik di Kalimantan Tengah.

Kata Kunci: Kincir Angin; Media Pembelajaran; Prototipe; Savonius; Sel Surya

Abstract

Development of a prototype as a learning medium in educational institutions that combines two energy sources into one tool system. This study aims to describe the prototype design, the feasibility of the prototype, and the responses of teachers and students to the results of developing a windmill prototype. This study uses the Research and Development 4-D model. The data analysis technique used is descriptive qualitative. Data were obtained through validation sheets and student response questionnaires. The results showed that the vertical windmill with the type of savonius developed the blades of the propeller using solar cells. The feasibility of the windmill prototype includes the feasibility of the design and the feasibility of the product. The feasibility of the design has a very good category and the feasibility of the product has a good category. The responses of teachers and students to the results of the development of the windmill prototype were 86% in the very good category and 77.3% in the good category. Based on the results of the study, a product in the form of a savonius windmill was produced which could function as a medium for learning physics for students. In addition, the windmill can be used as a source of renewable energy. The windmill is capable of producing energy from two different sources in one device, so it is hoped that it will be able to

become wind and solar power plant that helps supply the electricity in Central Kalimantan.

Keywords: *Windmill; Instructional Media; Prototype; Savonius; Solar Cell*

Received : 10 Februari 2021

Accepted : 29 Juli 2021

Published : 29 Juli 2021

DOI : <https://doi.org/10.20527/jipf.v5i2.2949>

© 2021 Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika

How to cite: Ridwan, M., Yuliani, H., & Syar, N. I. (2021). Pengembangan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling sel surya sebagai media pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(2), 242-260.

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki sumber daya alam yang melimpah yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi keberlangsungan hidup. Akan tetapi sumber daya tersebut kini semakin menipis. Untuk mengantisipasi hal tersebut energi baru terbarukan merupakan alternatif terbaik.

Sumber energi baru terbarukan adalah sumber energi ramah lingkungan yang tidak mencemari lingkungan dan tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global, karena energi yang dihasilkan dari alam (Kementerian ESDM, 2016). Potensi energi terbarukan di Kalimantan Tengah yaitu sebanyak 19.568 MW.

Upaya pemanfaatan energi tersebut diperlukan sebuah alat yang dapat merubah energi angin menjadi energi listrik. sesuai dengan hukum kekekalan energi, dimana energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan tetapi dapat dirubah dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya (Giancoli, 2014) Kincir angin merupakan alat yang dapat merubah bentuk energi gerak menjadi energi listrik (Daryanto, 2007).

Alat konversi energi diharapkan juga dapat dijadikan media dalam pembelajaran fisika. Berdasarkan hasil angket yang dibagikan peserta didik di SMAN 1 Palangka Raya, diperoleh

bahwa (1) sebesar 76% peserta didik menyatakan pembelajaran fisika sulit, (2) sebanyak 29 responden menyatakan perlu adanya kegiatan praktikum untuk membuat sebuah media, (3) sebesar 55% peserta didik tertarik jika pembelajaran fisika dilakukan dengan melakukan praktik secara langsung dengan membuat sebuah alat, (4) sebesar 31% peserta didik tertarik jika peserta didik membuat sebuah modul pembelajaran sederhana, dan (5) sebesar 14 % sisanya tertarik jika pembelajaran fisika membuat sebuah video dan media lainnya. Proses pembelajaran secara langsung dengan melakukan praktik pembuatan media diharapkan mampu membuat peserta didik mudah dalam memahami pembelajaran fisika.

Berdasarkan hal tersebut peneliti berupaya mencari solusi agar pembelajaran dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan dan atas dasar kebutuhan peserta didik di sekolah dapat terpenuhi. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut peneliti menjadikan kincir angin sebagai media untuk peserta didik belajar dalam memahami pemanfaatan energi dan perubahan bentuk energi. Kincir angin yang dikembangkan yaitu dengan jenis kincir angin vertikal tipe savonius. Rancang bangun kincir angin pembangkit tenaga listrik sumbu vertikal savonius portabel menggunakan

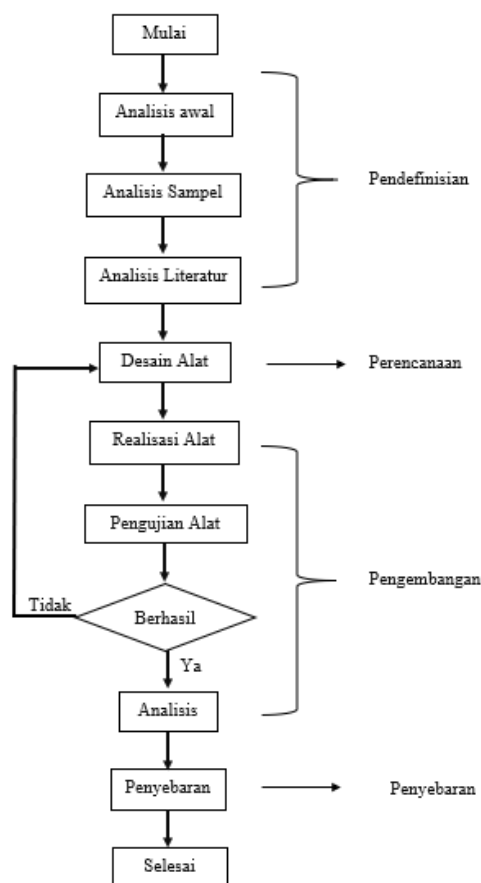
generator magnet permanen (Nakhoda & Saleh, 2015), rancang bangun generator magnet permanen untuk pembangkit tenaga listrik skala kecil menggunakan kincir angin savonius portabel (Nakhoda, & Saleh, 2016).

Inovasi yang akan di terapkan dam media ini adalah penggabungan sel surya pada bagian bilah baling-balingnya (Wardhana, 2017), menggabungkan kincir angin dengan sel surya dengan pengembangannya yang diberi nama kincir angin hibrid. Rahmawan (2015) menyatakan bahwa kincir angin dapat dijadikan sebagai media pembelajaran di sekolah. Inovasi terbaru dari pengembangan ini yaitu sebuah media

pembelajaran berbasis proyek yang memanfaatkan dua sumber energi berupa energi matahari dan energi angin dalam satu alat yang dikembangkan. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan desain prototipe, kelayakan prototipe, dan tanggapan guru serta peserta didik terhadap hasil dari pengembangan prototipe kincir angin.

METODE

Penelitian ini termasuk jenis penelitian dan pengembangan dengan 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*) (Prayitno, 2017). Adapun tahapan pengembangan 4D ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap pengemabangan 4D

Penelitian ini diawali dengan melakukan analisis awal, analisis sampel dan analisis literatur. Kemudian

dilanjutkan dengan tahap perancangan yang diawali dengan pemilihan produk, dan perancangan awal berupa gambar

desain kincir angin savonius menggunakan bilah sel surya. Selanjutnya melakukan tahap pengembangan dengan melakukan validasi, realisasi alat. Terakhir dengan melakukan penyebaran di sekolah untuk melihat tanggapan guru berjumlah 3 orang dan respon peserta didik di SMAN 1 Palangka Raya berjumlah 9 orang.

Validator media ini ialah 2 dosen Program Studi Tadris Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, IAIN Palangka Raya. Subjek uji coba penelitian ini ialah 3 guru mata pelajaran Fisika dan 9 peserta didik SMAN 1 Palangka Raya. Karena penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan dengan uji terbatas maka hasilnya sebagian Peserta didik yang dijadikan subjek penelitian untuk melihat respon peserta didik terhadap prototipe kincir angin.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar validasi dan angket respon peserta didik. Validitas dan respon peserta didik dianalisis menggunakan rata-rata skor dari setiap aspek yang diamati kemudian disesuaikan dengan kriteria penilaian menurut (Widoyoko, 2012), tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Penilaian

Skor Rata-rata	Kategori
$4.20 < \text{rata-rata} \leq 5.00$	Sangat Baik
$3.40 < \text{rata-rata} \leq 4.20$	Baik
$2.60 < \text{rata-rata} \leq 3.40$	Cukup
$1.80 < \text{rata-rata} \leq 2.60$	Kurang Baik
$1.00 < \text{rata-rata} \leq 1,80$	Sangat Tidak Baik

(Widoyoko, 2012)

Kemudian setelah mendapatkan skor rata-rata dilanjutkan dengan menghitung kelayakan dari media. Untuk melihat persentase kelayakan media yang dikembangkan digunakan sesuai

persentase kelayakan menurut Sunarto (2015), tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Kelayakan

Skor Rata-rata	Kategori
85,01% - 100,00%	Sangat Valid
70,01% - 85,00%	Valid
55,01% - 70,00%	Cukup Valid
40,01% - 55,00%	Kurang Valid
0,100% - 40,00%	Tidak Valid

(Sunarto, 2015)

Kemudian setelah mendapatkan skor rata-rata dilanjutkan dengan menghitung kelayakan dari media. Alat yang dikembangkan yaitu sebuah prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling sel surya. Keistimewaan dari prototipe yang dikembangkan dari media ini adalah sebuah sel surya pada masing-masing bilah dari kincir angin.


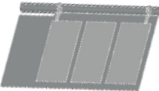
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan media prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling sel surya. Maka dari itu dengan adanya pengembangan media ini pembelajaran fisika diharapkan dapat membuat peserta didik mudah dalam pelajaran fisika khususnya dalam memahami materi perubahan-perubahan energi serta dapat menjadi media alternatif dalam pembelajaran fisika, dapat dijadikan sebagai media referensi untuk penelitian selanjutnya tentang pengembangan prototipe kincir angin menggunakan bilah baling sel surya pembelajaran fisika pokok bahasan lain serta dapat dijadikan sebagai langkah awal untuk meneliti pemanfaatan energi terbarukan yang lainnya. Prototipe kincir ini untuk pengaruh suhu mengacu pada beberapa referensi seperti Ahmad, Lutfi, Budiadi, & Korespondensi (2016); Canra & Haris (2018); Dharma (2016); Kastiawan, Gofur, Pamungkas, & Budianto (2017). Unjuk kerja kincir savonius mengacu pada Prasetiyojati (2019) dan Rines (2016), karakteristik

kincir angin savonius (Triakurniawan & Dharma, 2017). Bahkan Rancang bangun kincir hibrid (Wardhana, 2017). Adapun Langkah dari pembuatan prototipe kincir

angin savonius terdapat beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu tahap desain arsitektual. Tahap arsitektual terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3 Langkah Arsitektual


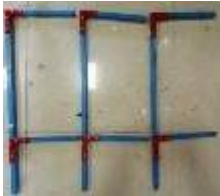

Gambar Desain	Keterangan
	Desain awal kincir angin savonius
	Desain awal bilah baling-baling sel surya

Tahap berikutnya yaitu perealisasi-an alat yang akan dikembangkan. Adapun pengembangan dari desain arsitektual dibagi kedalam beberapa tahapan.

Tahapan yang pertama yaitu tahapan perealisasi-an rangka. Tabel 4 menunjukkan perealisasi-an rangka.

Tabel 4 Perealisasi-an rangka


Realisasi	Langkah-langkah	Keterangan
	Memotong besi kotak 2cm dengan panjang 80cm sebanyak 3 buah	Tiang kerangka kincir angin
	Memotong besi kotak 2 cm dengan panjang 20 cm sebanyak 6 buah	Penyangga atas dan penyangga bawah
	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat desain heksagonal pada komputer • Mencetak desain yang telah dibuat menggunakan kertas stiker • Tempelkan desain yang telah dicetak kedalam lempengan <i>aluminium composit</i> • Potong sesuai desain menggunakan gerinda 	Panel <i>aluminium composit</i> dengan bentuk persegi enam yang digunakan sebagai tempat meletakkan <i>bearing</i> dan rangka

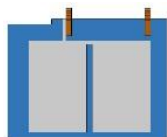


	<ul style="list-style-type: none"> • Lubangi menggunakan mata bor ukuran 6mm pada bagian-bagian yang telah ditandai dengan lingkaran. • Buat sebanyak 4 buah 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat desain berbentuk seperti huruf L pada komputer • Mencetak desain yang telah dibuat menggunakan kertas stiker • Tempelkan desain yang telah dicetak kedalam lempengan <i>aluminium composit</i> • Potong sesuai desain menggunakan gerinda • Lubangi pada bagian yang telah di tandai dengan bentuk lingkaran • Buat sebanyak 12 buah 	<p><i>Aluminium composit</i> berbentuk seperti huruf L sebanyak 12 buah untuk menggabungkan tiang penyangga utama dengan penyangga atas dan bawah</p>
	<p>Menggabungkan antara tiang kerangka dengan tiang penyangga bawah dan atas menggunakan baut dan dikencangkan.</p>	<p>Tiang penyangga</p>
	<p>Menggabungkan tiang penyangga dengan lempengan berbentuk heksagonal dengan cara dibaut dan dikencangkan.</p>	<p>Kerangka kincir angin</p>

Tahap Selanjutnya yaitu perealisasi bilah dari sel surya.

Tabel 5 adalah perealisasi bilah sel surya.

Tabel 5 Langkah Perealisasi Bilah Baling-Baling Sel Surya





Realisasi	Langkah-langkah	Keterangan
	<ul style="list-style-type: none"> • Memanaskan solder • Menyiapkan timah sebagai penggabung antar sel surya • Susun sel surya secara seri dan gabungkan antar sel surya satu ke sel surya lainnya dengan cara menghubungkan bagian atas berupa kutub positif ke bagian belakang dari sel surya berikutnya berupa bagian negatif. 	<p>Menggabungkan sel surya secara seri dengan menggunakan <i>tabing wire</i> atau kawat instalasi sel surya dengan bantuan solder.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Menyiapan seng cetakan koran dapat juga menggunakan aluminium • Ukur dengan panjang 14 cm lebar 11 cm 	<p>Bilah baling-baling sel surya terjadi perbedaan antara desain dan realisasi.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Potong menggunakan gunting • Lakukan sebanyak 12 buah 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Gabungkan semua bahan bilah baling dengan sel surya dengan cara menempelkan double tip dibagian belakang dari sel surya. • Lepaskan plastik pada bagian double tip dan tempelkan sel surya yang telah diberi double ke permukaan bilah. • Lakukan secara hati-hati karena sel surya mudah pecah. • Kemudian jika sudah terpasang lapi dengan solatip bening. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam desain tidak ada sebuah lengkungan. Akan tetapi di perrealisasian di beri sebuah lengkungan. • Dalam desain penggantung bilah menggunakan sebuah ring. Akan tetapi dalam perrealisasian dibuat menyerupai pipa dengan panjang 8 cm.

Tahap berikutnya yaitu perrealisasian rotor.

Tabel 6 memaparkan tahap perrealisasian rotor.

Tabel 6 Langkah Perrealisasian Rotor

Gambar Desain	Realisasi	Langkah-langkah	Keterangan
		<ul style="list-style-type: none"> • Siapkan <i>stainless steel</i> berdiameter 8mm • Potong dengan panjang 70cm 	<p>Dalam desain rotor yang digunakan besi bulat berongga. Akan tetapi dalam perrealisasian menggunakan besi padat berbahan <i>stainless steel</i>.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Memotong aluminium bulat berongga dengan diameter 8mm dengan panjang 18 cm sebanyak 12 buah. • Membuat sebuah lingkaran berbahan akrilik dengan diameter 10cm sebagai tempat lengan bilah dipasangkan ke bagian rotor. 	

- Lubangi bagian tengah dari akrilik menggunakan bor listrik.
- Melubangi bagian yang telah diberi tanda pada desain lingkatan sebagai tempat membaut lengan bilah dibagian akrilik.
- Gabungkan dan kencangkan menggunakan baut.



- Membuat cincin dengan bahan alumunium foil sebanyak dua buah.
- Membuat kawat penghantar sebanyak dua buah.
- Pasangkan cincin kebagian rotor dan rekatkan menggunakan lem.
- Tempelkan kawat pada bagian sisa dari cincin alumunium, pastikan ketika diputar permukaan kawat menyentuh bagian dari cincin.

Fungsi skat ini adalah untuk mengalirkan listrik yang diperoleh dari sel surya. Sehingga listrik yang diperoleh dari sel surya tersebut dapat dikeluarkan untuk digunakan ataupun disimpan didalam penyimpanan tegangan.



- Rakitlah rotor, lengan bilah, bilah baling-baling dan skat menjadi kesatuan.
- Panjang rotor total 70 cm. Ukurlah sekitar 15cm dari bagian bawah rotor dan pasangkan *Shft Lock Collar T 8* kemudian kencangkan.
- Selanjutnya pasangkan skat sel surya. Selanjutnya yaitu memasang *Shft Lock Collar T 8* sejauh 18 dari *Shft Lock Collar T 8* sebelumnya dan kencangkan.
- Kemudian pasangkan lengan bilah dan dikunci dibagian atasnya menggunakan *Shft Lock Collar T 8*.

Rotor, lengan bilah, bilah baling-baling dan skat

Tahap terakhir yaitu penggabungan semua komponen yang telah dibuat

sebelumnya. Tabel 7 merupakan penggabunagn semua komponen.

Tabel 7 Langkah Pembuatan Prototipe Kincir Angin

Gambar Desain	Realisasi	Langkah-langkah	Keterangan
		<ul style="list-style-type: none"> • Menggabungkan antara kerangka dengan rotor. • Lepaskan kerangka penyangga atas dari tiang. • Masukkan rotor pada penyangga bawah. • Pasangkan kembali penyangga atas dan kencangkan dengan baut. 	<p>Kincir angin pada tahap desain dan tahap realisasi terdapat beberapa perbedaan.</p> <p>Pada tahap desain arsitektual, pada bagian tiang tidak ada sengkang penghalang arah datangnya angin. Akan tetapi pada realisasi terdapat sengkang penghalang. Hal tersebut dikarenakan pengaruh dari lengan fleksibel dimana ketika angin tidak difokuskan masuk pada satu titik, maka kincir angin tidak akan berputar.</p>

Berdasarkan dari Tabel 3 sampai dengan Tabel 7 peneliti melakukan pembuatan dan pengembangan pada jenis kincir angin sumbu vertikal dengan tipe savonius dengan menggunakan bilah baling-baling tipe L. Pemilihan jenis savonius diakrenakan kincir tersebut sesuai dengan karakteristik angin di Kalimantan Tengah. Pembuatan media dimulai dengan melakukan desain arsitektual terhadap model kincir angin itu sendiri. Kemudian dilanjutkan dengan pada tahap perealisasi. Pada tahap perealisasi terdapat beberapa desain yang tidak sesuai dengan gambar.

Pertama yaitu pada desain arsitektual pada setiap tiang penyangga tidak terdapat bilah fin. Akan tetapi pada tahap perealisasi terdapat belah fin. Pemasangan bilah fin ditujukan agar memusatkan angin yang masuk dan mendorong bilah baling-baling sehingga meningkatkan daya putar dari kincir angin. Kastiawan, Gofur, Pamungkas, &

Budianto (2017) memperkuat argumen dalam penelitian ini bahwa fin berfungsi memperkecil luasan ruang dan memperbesar luasan disepanjang sudu. Dari hasil penelitiannya menghasilkan bahwa terjadi pengaruh terhadap celah fin yang menyempit dapat menimbulkan putaran yang meningkat. Hal tersebut diakrenakan sedikitnya aliran yang terbuang. Pamungkas, Wijayanto, & Saputro (2017) menyatakan bahwa fin dapat meningkatkan putaran kincir angin. Semakin banyak fin di psangkan maka putaran kincir akan semakin cepat dari turbin savonius. Semakin banyak fin yang ditambahkan maka akan menambak kecepatan putaran kincir angin (Prabowo, Wijayanto, & Widiastuti, 2018). Hal tersebut karena rotor dari kincir angin akan lebih terpusat tertiuap angin karena pengaruh fin tersebut.

Selanjutnya yaitu bentuk dari bilah kincir angin. Pada tahap arsitektual

kincir angin hanya dibuat mendatar tidak ada lengkungan di bagian ujung luar dari bilah baling-baling. Kemudian pada tahap perealisasiian ditambahkan lengkungan pada bagian ujung sehingga menyerupai bentuk huruf L. Penggunaan bilah baling-baling dengan bentuk huruf L bertujuan untuk menambah daya dorong ketika kincir angin tertiuip angin. Hasil tersebut diperkuat dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Dewi (2010) dari hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa *blade* savonius tipe L menghasilkan unjuk kerja yang paling baik dibandingkan dengan tipe lain. Mahendra, Soenoko, & Sutikno (2013) berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah sudu memiliki peranan yang sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja dari kincir angin savonius tipe L. Kemudian (Widiastuti, 2018) menambahkan bahwa tipe L lebih besar menghasilkan daya karena besarnya luas penampang permukaan pada kincir angin.

Berikutnya yaitu pemasangan sel surya pada bilah baling-baling. Pada tahap arsitektual pemasangan bilah baling-baling hanya terpasang pada salah satu sisi bagian. Akan tetapi pada tahap perealisasiian pemasangan sel surya di pasang pada kedua sisi. Hal tersebut akan menambahkan daya keluaran dari sel surya. (Supranoto & Pramana, 2019) penelitian yang telah

dilakukan tersebut meletakkan sel surya pada bagian atas dari sebuah kincir angin, bukan di bagian bilah baling-balingnya. Hal tersebut bertujuan agar sel surya lebih fokus menangkap sinar matahari, sehingga apabila kincir angin sedang berputar maka sel surya tidak akan terganggu dalam memperoleh tegangan. Ansori, Susila, Siregar, & Haryuda (2019) melakukan penelitian dengan memasang sel surya pada tiang menara dari kincir angin. Kincir angin yang digunakan adaah kincir angin darius, dengan menggunakan tower dan sel surya dipasangkan di bagian dari menara dengan memberikan penyangga

Berdasarkan hal tersebut yang menjadikan pembeda dari kincir angin yang dikembangkan peneliti terhadap peneliti-peneliti sebelumnya. Pembeda lain dari kincir angin yang dikembangkan peneliti adalah dapat di fungsikannya sebagai media pembelajaran fisika di sekolah.

Validasi Desain

Ahli desain dilakuakn oleh tiga orang dosen program studi tadrhis fisika yang ahli dalam bidang tersebut. Ahli desain akan menilai indikator tampilan umum, tampilan khusus dan penyajian media. Adapun penilaian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil Penilaian Validasi Desain

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=3)			Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	3	
Tampilan Umum	Desain media sesuai dengan materi	4	5	4	13
	Desain media sesuai dengan konsep kincir angin sumbu vertikal	5	5	5	15
	Pengemasan media sesuai konsep kincir angin sumbu vertikal dengan jenis savonius serta mengintegrasikan dengan energi matahari	4	5	5	14
	Desain media menarik	4	5	4	13
	Desain media menyajikan contoh nyata dari media yang dibuat	4	5	4	13

	Desain media menyajikan pemanfaatan dua sumber energi kedalam satu jenis alat yaitu sumber energi matahari dan sumber energi angin)	4	5	4	13
Tampilan Khusus	Pemilihan jenis kincir angin yang sesuai dengan kincir angin sumbu vertikal	4	5	5	14
	Peletakan sel surya pada bilah yang sesuai	4	4	5	13
	Memuat integrasi konsep energi angin dan energi matahari	4	5	4	13
Penyajian Media	Mudah dibawa/ dipindahkan	4	4	4	12
	Terdapat judul/keterangan pada media	3	4	4	11
	Terdapat cara penggunaan/perawatan pada media	3	5	4	12
	Penyajian media diharapkan ke depannya mampu mengembangkan minat belajar peserta didik	4	5	4	13
Jumlah skor indikator (Σx)					169
Rata-rata skor					4,3
Persentase (%)					87%
Kategori					Sangat Baik
Kriteria					Sangat Layak

Berikutnya data yang telah diperoleh tersebut kemudian di rekap menjadi satu kesatuan. Adapun rekapitulasi hasil

penilaian desain yang dilakukan oleh validator desain yaitu terdapat pada Tabel 9.

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Desain

Indikator	Skor	Persentase	Kriteria	Kategori
Tampilan Umum	4,5	90%	Sangat Layak	Sangat Baik
Tampilan Khusus	4,4	89%	Sangat Layak	Sangat Baik
Penyajian Media	4	80%	Layak	Baik
Rata-rata	4,3	87%	Sangat Layak	Sangat Baik

Berdasarkan penilaian dari ahli desain mendapatkan skor 4,3 dengan kategori sangat baik dan persentase 87% dengan kriteria Sangat Layak. Sehingga berdasarkan hasil penilaian tersebut desain dari kincir dapat digunakan. Terdapat saran dari validator yaitu mengenai desain skat output pada bagian rotor yang menyebabkan besarnya hambatan yang disebabkan gesekan dari skat tersebut. Kemudian peneliti melakukan perbaikan pada skat tersebut dengan menggantinya dengan bekas dinamo stater motor.

Saran berikutnya mengenai desain yaitu belum adanya keterangan judul, cara penggunaan serta perakitan

prototipe kincir angin savonius. Pada saat validasi desain dilakukan peneliti hanya memberikan informasi mengenai model kincir angin yang digunakan dan tidak disertai dengan tuntunan perakitan serta tuntunan penggunaan media. Sehingga berdasarkan saran dan masukan dari validator peneliti membuat sebuah buku manual tentang perakitan dan penggunaan alat. Dimana dalam buku manual tersebut terdapat beberapa keterangan yang menjabarkan mengenai alat atau media yang dibuat. Dimulai dari deskripsi produk yang menjelaskan secara singkat mengenai produk yang dibuat, daftar komponen yang menjabarkan mengenai komponen-

komponen yang ada pada alat, panduan perakitan alat, panduan penggunaan alat, panduan perawatan, panduan ketika alat digunakan sebagai media praktikum hingga contoh lembar kerja praktikum. Sehingga dengan dibuatnya buku manual tersebut dapat mempermudah untuk menggunakan alat yang dibuat

Validasi Produk

Ahli produk dilakukan oleh tiga orang dosen program studi tadaris fisika yang ahli dalam bidang tersebut. Ahli produk akan menilai indikator desain prototipe, pemilihan bahan, ketahanan prototipe, penggunaan prototipe dan perawatan prototipe. Adapun penilaian dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Penilaian Validasi Produk

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=3)			Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	3	
Desain Prototipe	Prototipe mudah dibuat (komponen tidak menggunakan banyak jenis bahan material)	4	5	4	13
	Dimensi prototipe yang dibuat tidak besar (tinggi ± 60 cm, lebar keseluruhan ± 63 cm)	4	4	4	12
	Prototipe bersifat portable	4	4	4	12
Pemilihan Bahan	Bahan Mudah di dapatkan	4	5	5	14
	Prototipe menggunakan bahan yang ringan	4	4	4	12
	Prototipe menggunakan bahan yang kuat	4	5	4	13
	Prototipe menggunakan bahan anti korosi	3	4	4	11
Ketahanan Prototipe	Ketahanan terhadap guncangan atau benturan (prototipe diberi kaki yang kokoh)	3	5	4	12
	Ketahanan prototipe terhadap tekanan	3	5	4	12
	Ketahanan bahan prototipe yang tidak mudah berkarat	4	4	4	12
Ketahanan Prototipe	Prototipe mudah digunakan	3	5	4	12
	Prototipe mudah di bawa	3	5	4	12
	Prototipe mengasilkan daya listrik	4	4	4	12
	Prototipe dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah dan angin tinggi	3	5	4	12
	Prototipe dapat beroperasi tanpa dipengaruhi oleh arah kecepatan angin	4	5	4	13
Perawatan Prototipe	Tidak membutuhkan biaya besar untuk pembuatan prototipe	4	4	4	12
	Tidak membutuhkan biaya besar untuk melakukan perawatan prototipe	4	5	4	13
Jumlah skor indikator (Σx)					209
Rata-rata skor					4,1
Persentase (%)					82%
Kategori					Baik
Kriteria					Layak

Berikutnya data yang telah diperoleh tersebut kemudian di rekap menjadi satu kesatuan. Adapun rekapitulasi hasil

penilaian produk yang dilakukan oleh validator produk yaitu terdapat pada Tabel 11.

Tabel 11 Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Produk

Indikator	Skor	Persentase	Kriteria	Kategori
Desain Prototipe	4,1	82%	Layak	Baik
Pemilihan Bahan	4,2	83%	Layak	Baik
Ketahanan Protoipe	4	80%	Layak	Baik
Penggunaan Protoipe	4,1	81%	Layak	Baik
Perawatan Prototipe	4,2	83%	Layak	Baik
Rata-rata	4,1	82%	Layak	Baik

Berasarkan penilaian dari ahli desain mendapatkan skor 4,13 dengan kategori baik dan persentase 82% dengan kriteria layak. Dari hasil validasi terdapat saran dari ahli kelayakan produk yaitu terdapat beberapa material yang masih tidak tahan terhadap tekanan ketika di uji dengan kecepatan angin yang sangat tinggi dan terdapat material yang tidak tahan terhadap korosi.

Material yang tidak tahan terhadap tekanan angin yang tinggi yaitu pada bilah baling-baling itu sendiri. Bahan utama pada bagian bilah baling baling adalah seng cetakan koran. Pada bagian ini peneliti tidak merubah bagian tersebut dikarenakan peneliti mengalami kekurangan dana untuk mengganti menjadi bahan berjenis aluminium ataupun bahan yang lainnya. Hal lain yang menyebabkan tetap mempertahankan bilah yang ada dikarenakan apabila peneliti mengganti bahan dasar dari bilah baling-baling maka peneliti harus mengganti sel surya yang telah terpasang pada bilah baling-baling. Sel surya yang telah dipasang tidak dapat di lepasakan lagi untuk dipindahkan. Karena sel surya sangat tipis dan rentan pecah.

Material lain yang mendapatkan saran yaitu pada material yang menggunakan besi. (Sidiq, 2013) Besi merupakan bahan yang paling cepat

mengalami korosi dan tingkat korosinya paling besar. Diketahui bahwa besi adalah salah satu bahan yang mudah mengalami korosi. Penyebab utama besi mengalami korosi apabila besi di letakkan di tempat terbuka terkena cahaya matahari dan hujan secara bergantian. (Afriyansyah, 2018) salah satu faktor yang mempengaruhi korosi dalam lingkungan air adalah keberadaan elektrolit Hal utama untuk mengatasi masalah itu dengan cara melapisi besi dengan cat anti karat sehingga besi akan lebih awet. Rekomendasi bahan yang tahan korosi adalah *stainless steel* akan tetapi peneliti tidak menggunakan bahan tersebut dikarenakan minimnya dana yang dimiliki peneliti sehingga peneliti tetap menggunakan bahan baku besi dan melapisi menggunakan cat tahan karat. Serta agar besi dapat tahan lama diperlukan perawatan secara berkala.

Tanggapan Guru

Guru sebagai penanggap dilakukan oleh 3 guru mata pelajaran fisika di SMAN 1 Palangka Raya. Guru akan menanggapi indikator keakuratan, kelengkapan sajian, konsep dasar media dan kesesuaian sajian dengan tuntutan pembelajaran yang terpusat pada peserta didik. Adapun penilaian dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Hasil Penilaian Tanggapan Guru

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=3)			Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	3	
Keakuratan	Media prototipe kincir angin yang disajikan sesuai dengan kebenaran keilmuan	4	5	4	13
	media prototipe kincir angin yang disajikan sesuai perkembangan teknologi	4	5	3	12
	media prototipe kincir angin yang disajikan sesuai dengan kehidupan sehari-hari	4	5	4	13
	Media prototipe kincir angin sesuai dengan pendekatan keilmuan yang bersangkutan (pendekatan saintifik)	4	5	4	13
Kelengkapan Sajian	Media prototipe kincir angin terdapat penjelasan singkat tentang jenis dan model kincir angin pada bagian kincir angin	4	5	4	13
	Media prototipe kincir angin terdapat cara penggunaan dan cara perawatan	4	5	4	13
Konsep Dasar Media	Media prototipe kincir angin sesuai konsep usaha dan energi	4	5	4	13
	Media prototipe kincir angin sesuai dengan perubahan energi	4	5	4	13
Kesesuaian sajian dengan tuntutan pembelajaran yang terpusat pada peserta didik	Media Prototipe kincir angin mendorong peserta didik belajar secara kelompok	4	4	5	13
	Media Prototipe kincir angin mendorong rasa ingin tahu peserta didik	4	4	5	13
	Media prototipe kincir angin mendorong terjadinya interaksi peserta didik	4	4	5	13
	Media prototipe kincir angin mendorong peserta dikembangkan pengetahuannya sendiri	4	4	5	13
	Ketahanan terhadap guncangan atau benturan (prototipe diberi kaki yang kokoh)	4	4	5	13
	Prototipe dapat beroperasi tanpa dipengaruhi oleh arah kecepatan angin	4	4	5	13
Jumlah skor indikator (Σx)				154	
Rata-rata skor				4,6	
Persentase (%)				86%	
Kategori Kriteria				Sangat Baik Sangat Layak	

Berikutnya data yang telah diperoleh tersebut kemudian di rekap menjadi satu

kesatuan. Adapun rekapitulasi hasil tanggapan guru terdapat pada Tabel 13.

Tabel 13 Rekapitulasi Hasil Tanggapan Guru

Indikator	Skor	Persentase	Kriteria	Kategori
Keakuratan	4,25	85%	Layak	Sangat Baik
Kelengkapan Sajian	4,7	87%	Sangat Layak	Sangat Baik
Konsep Dasar Media	4,7	87%	Sangat Layak	Sangat Baik
Kesesuaian Sajian Dengan Tuntutan Pembelajaran yang Terpusat Pada Peserta Didik	4,7	85%	Layak	Sangat Baik
Rata-rata	4,6	86%	Sangat Layak	Sangat Baik

Berdasarkan penilaian dari guru mata pelajaran fisika di SMAN 1 Palangka Raya, didapatkan hasil dengan skor 4,6 dengan kategori sangat baik dan persentase 86% dengan kriteria sangat layak.

Berdasarkan tanggapan guru di Sekolah SMAN 1 Palangka Raya, Guru mata pelajaran fisika sangat mengapresiasi terhadap media prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling sel surya dikembangkan. Bahkan guru memberikan saran agar media tersebut dapat dikembangkan secara lanjut. Pengembangan lebih lanjut tersebut dikarenakan bahwa guru mata pelajaran fisika di SMAN 1 Palangka Raya baru pertamakali melihat sebuah alat yang dikembangkan yang dapat memanfaatkan dua sumber sekaligus. Hal tersebut menjadikan nilai lebih pada prototipe yang dikembangkan. Kelebihan lain dari pengembangan prototipe kincir angin tersebut dapat diaplikasikan dalam dunia pendidikan ataupun dalam dunia nyata.

Pengaplikasian dalam dunia pendidikan. Prototipe tersebut dapat dijadikan sebuah media pembelajaran di sekolah, khususnya untuk mengetahui jenis-jenis perubahan energi. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dirubah dari satu bentuk energi kedalam bentuk energi lainya (Giancoli D, 2014). Berkaitan dengan hukum kekekalan energi tersebut maka dengan media prorotipe kincir angin savonius dapat

menjadikan peserta didik terdorong untuk meningkatkan rasa ingin tahunya. Rasa ingin tahu yang dimaksud adalah bahwa dengan bantuan media tersebut maka peserta didik akan lebih ingin mencari tahu tentang perubahan-perubahan energi lainnya. Contoh perubahan energi meliputi energi gerak menjadi energi listrik, energi panas matahari menjadi energi listrik.

Pengaplikasi dalam kehidupan nyata bahwa prototipe kincir angin yang dikembangkan secara baik kedepannya, akan dapat dijadikan sebuah pembangkit listrik tenaga angin dan matahari yang dapat di aplikasikan ke daerah yang belum teraliri listrik khususnya di Indonesia Tengah, dan menjadikan inovasi baru dalam pengembangan dalam pemanfaatan energi baru terbarukan. Bahkan, kedepannya dapat membantu sebagai pemasok listrik di Indonesia Tengah. Hal tersebut sesuai dengan tingginya potensi energi angin dan matahari di Indonesia Tengah. *Institute for Essential Services Reform* (IESR, 2019) Indonesia Tengah masuk kedalam peringkat ke 9 (sembilan) dari 10 provinsi dengan potensi energi terbarukan terbesar di Indonesia dengan besar total potensi 19.568 MW (Mega Watt).

Respon Peserta Didik

Respon peserta didik dilakukan dengan skala terbatas, dikarenakan wabah virus COVID-19 sehingga hanya mendapatkan 9 peserta didik sebagai

responden. Adapun penilaian dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14 Hasil Penilaian Respon Peserta Didik

Indikator	Butir Penilaian	Responden (n=9)									Jumlah Skor
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Tampilan	Prototipe mudah dibawa dan dipindahkan	4	4	3	3	3	4	3	3	4	31
	Prototipe kincir angin merupakan kincir angin vertikal	4	4	3	2	4	5	5	4	3	34
	Prototipe kincir angin berisi inovasi-inovasi terbaru	3	5	4	2	4	5	5	4	4	36
	Prototipe kincir angin memiliki ukuran portabel	3	4	4	3	3	5	4	3	3	32
	Prototipe kincir angin dapat berfungsi	4	5	4	1	4	4	4	4	4	34
Kemenerikan	Prototipe kincir angin membuat pembelajaran tidak membosankan	3	4	3	2	4	4	4	4	5	33
	Prototipe kincir angin membuat belajar lebih nyata	3	5	5	2	5	4	5	4	4	37
	Prototipe kincir angin dapat memotivasi untuk belajar berbasis projek	4	4	5	2	4	4	5	4	5	37
	Belajar menggunakan media ini lebih menarik	4	3	3	2	5	5	4	4	5	35
	Belajar menggunakan media ini membuat saya lebih ingin cari tahu tentang energi-energi terbarukan	4	5	4	2	4	4	4	4	5	36
Manfaat	Dapat sebagai salah satu sumber pengetahuan belajar berbasis projek	4	5	5	2	4	5	4	5	5	39
	Dapat memberikan manfaat lebih karena medianya nyata	4	4	5	1	4	5	4	5	4	36
	Memberikan informasi mengenai bagian-bagian kincir angin	3	5	4	1	4	3	4	4	4	32
	Memotivasi saya untuk dapat memanfaatkan energi terbarukan lainnya	4	4	4	3	3	3	5	4	5	35
	Jumlah skor indikator (Σx)										167
Rata-rata skor										3,7	
Persentase (%)										74%	
Kategori										Baik	
Kriteria										Layak	

Berikutnya data yang telah diperoleh tersebut kemudian di rekap menjadi satu kesatuan. Adapun rekapitulasi hasil

respon peserta didik terdapat pada Tabel 15.

Tabel 15 Rekapitulasi Hasil Respon Peserta Didik

Indikator	Skor	Persentase	Kriteria	Kategori
Tampilan	3,7	74%	Layak	Baik
Kemenarikan	3,9	79%	Layak	Baik
Manfaat	3,9	79%	Layak	Baik
Rata-rata	3,7	77,3%	Layak	Baik

Berdasarkan hasil respon peserta didik mendapatkan skor 3,7 dengan kategori baik dan persentase 77,3 dengan kriteria layak. beradasrkan penilaian tersebut maka media prototipe mendapatkan respon baik dari peserta didik.

Berdasarkan hasil uji coba peserta didik di SMAN 1 Palangka Raya terdapat beberapa saran yang berkaitan dengan tampilan kincir angin dimana peserta didik berpendapat bahwa tampilan dari kincir angin masih kurang menarik. Hal tersebut dikarenakan bentuk tampilan dari kincir angin yang dibawa ke sekolah belum sepenuhnya di cat ulang.

Kemenarikan dalam sebuah media itu sangat diperluakan. Menarik atau tidaknya sebuah media dapat terlihat pada tampilan media tersebut. Peserta didik pada umumnya menyukai media yang memiliki tampilan unik dan berbeda dengan yang lainnya. Secara keseluruhan media prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel menurut repon peserta didik sudah mendapatkan kategori baik. Media yang menarik dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik dan meningkatkan prestasi belajar peserta didik. (Tri et al., 2018) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa media dalam sebuah pembelajaran menunjukkan pengaruh yang positif dan signifikan terhadap prestasi belajar peserta didik. Sehingga dengan adanya pengaruh tersebut maka sangatlah

penting jika sebuah media dibuat semenarik mungkin.

Motivasi belajar sangat penting dalam proses pembelajaran karena proses belajar membutuhkan interaksi dan partisipasi aktif dari peserta didik untuk berhasil. (Sari, Suryanti, & Manurung, 2017) menyimpulkan bahwa media dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik khususnya pada pelajaran fisika. Hamzah, Utami, & Zulkarnain (2020) menulis dari hasil penelitain yang telah dilakukan. Menunjukkan bahwa media dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik. Hal tersebut setelah dilakukannya percobaan dimana dengan membandingkan pembelajaran di kelas dengan tanpa menggunakan sebuah media dan menggunakan sebuah media. Dari hasil ujicoba yang dilakukan kemudian dianalisis dan menunjukkan hasil bahwa media dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik.

Akan tetapi dalam penelitian yang telah dilakukan peneliti, peneliti tidak melihat motivasi dan peningkatan prestasi yang dialami oleh peserta didik. Hal tersebut dikarenakan peneliti hanya melihat respon peserta didik dari alat kincir angin savonius yang dikembangkan. Respon peserta didik meliputi indikator tampilan, kemenarikan dan manfaat. Dimana peneliti tidak melihat apakah media kincir angin yang dikembangkan dapat meningkatkan prestasi ataupun motivasi belajar peserta didik. Namun peneliti berupaya menghubungkan dengan penelitian-penelitian terdahulu

yang berkaitan dengan prestasi dan motivasi belajar peserta didik. Dimana dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa media pembelajaran dapat meningkatkan prestasi belajar dan motivasi belajar peserta didik.

SIMPULAN

Telah dibuat prototipe kincir angin menggunakan bilah sel surya sebagai media pembelajaran di sekolah. Berdasarkan hasil dari validasi mendapatkan skor 4,3 dengan kategori baik dan persentase 87% dengan kriteria layak. validasi produk mendapatkan skor 4,1 dengan kategori baik dan persentase 82% dengan kriteria layak. tanggapan guru mendapatkan skor 4,6 dengan kategori baik dan persentase 86% dengan kriteria layak. Respon peserta didik mendapatkan skor 3,7 dengan kategori baik dan persentase 77,3% dengan kriteria layak. Dengan demikian prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling sel surya dapat digunakan sebagai media pembelajaran di sekolah. Berdasarkan pengembangan prototipe ini kedepannya agar dapat dibuat lebih menarik dan dengan ditambahkan teknologi serta model dan jenis kincir yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyansyah, A. (2018). *Analisis pengaruh konsentrasi larutan hcl terhadap foto mikro, makro permukaan dan laju korosi baja st 42*. (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang)
- Ahmad, A. M., Lutfi, M., Budiadi, A., & Korespondensi, P. (2016). Pengaruh variasi overlap sudu terhadap torsi dan daya pada kincir angin savonius tipe U. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* 4(2), 1–5.
- Ansori, A., Susila, I. W., Siregar, I. H., & Haryuda, S. I. (2019). Pembangkit Listrik Hybrid Solar Cell dan Turbin Angin di Pantai Tamban Kabupaten Malang. *Otopro*, 12(2), 74-81.
- Canra, D., & Haris, E. (2018). *Analisa Busur Sudu Turbin Angin Savonius Tipe-U*. *Seminar Teknologi dan Rekayasa*, 4, 1–7.
- Daryanto, D. (2007). *Kajian potensi angin untuk pembangkit listrik tenaga bayu*. (April). Balai PPTAGG - UPT-LAGG..
- Dewi, M. L. (2010). Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin. *Jurnal MIPA UNS*, 35.
- Dharma, U. S. (2016). Pengaruh desain sudu terhadap unjuk kerja prototype turbin angin vertical axis savonius. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(2), 138–148.
- Giancoli D. (2014). *Fisika Edisi Ketujuh Jilid 1*. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Hamzah, H., Utami, L. S., & Zulkarnain, Z. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Roda Putar Fisika Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 5(2), 77-81.
- IESR. (2019). *Laporan Status Energi Bersih Indonesia*.
- Kastiawan, I. M., Gofur, A., Pamungkas, A. C., & Budianto, A. (2017). Pengaruh celah fin, sudut kemiringan fin dan celah sudu terhadap kinerja turbin angin savonius type v. *Mekanika: Jurnal Teknik Mesin*, 3(01), 1-7.
- Kementerian ESDM. (2016). *Jurnal Energi*. [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016\(1\).pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016(1).pdf)
- Mahendra, B., Soenoko, R., & Sutikno, D. (2013). Pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin savonius type I. *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya: Malang*.
- Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. (2015). Rancang bangun kincir angin pembangkit tenaga listrik sumbu

- vertikal savonius portabel menggunakan generator magnet permanen. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 5(2), 19-24.
- Nakhoda, Y., & Saleh, C. (2016). Rancang bangun generator magnet permanen untuk pembangkit tenaga listrik skala kecil menggunakan kincir angin savonius portabel. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 5(2), 71-76.
- Pamungkas, S. F., Wijayanto, D. S., & Saputro, H. (2017). Pengaruh variasi penambahan fin terhadap cut in speed turbin angin Savonius tipe S. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 2(1), 169–178.
- Prabowo, D., Wijayanto, D. S., & Widiastuti, I. (2018). Experimental Study of Incorporating Fins on the Rotor Blades of Savonius Wind Turbine. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288, (1), 012046). IOP Publishing.
- Prasetyojati, R. L. (2019). *Unjuk kerja kincir angin model savonius dua sudu dua tingkat dengan variasi sirip aerodinamis 90° pada bagian depan, tengah, dan belakang sudu.*(Skripsi, Universitas Sanata Dharma)
- Prayitno, T. A. (2017). Pengembangan petunjuk praktikum mikrobiologi program studi pendidikan biologi. *Jurnal Biota*, 3(1), 31-37. <https://doi.org/10.19109/biota.v3i1.1041>
- Rahmawan, A. B. (2015). Pengembangan Media Pembelajaran Kincir Angin pada Mata Pelajaran Prakarya dan Kewirausahaan. *Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Rines, I. (2016). Unjuk Kerja Model-Model Kincir Angin Savonius Dua Tingkat Dengan Kelengkungan Sudu Termodifikasi. *Media Teknika*, 11(1).
- Sari, N., Suryanti, K., Manurung, S. M., & Sintia, S. (2017). Analisis Penggunaan media pembelajaran untuk meningkatkan motivasi peserta didik terhadap pembelajaran fisika kelas XI MIPA 1 SMA Titian Teras Muaro Jambi. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 3(2), 110-112.
- Sidiq, M. F. (2013). Analisa korosi dan pengendaliannya. *Jurnal foundry*, 3(1), 25-30.
- Sunarto. (2015). *Pengantar Statistika untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi Komunikasi dan Bisnis*. Alfabeta: Bandung.
- Supranoto, T., & Pramana, R. (2019). *Prototype pembangkit listrik hybrid turbin*.
- Trikurniawan, Y. W., & Dharma, U. S. (2017). *Termodifikasi empat sudu dengan lima variasi sudut pitch rotor turbin turbine four blades with five pitch angle*.
- Wardhana, S. E. (2017). *Rancang bangun pembangkit listrik hibrida menggunakan kincir angin sumbu vertikal savonius dan panel sel surya skala kecil* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).
- Widoyoko, S. E. P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.