

**PENGEMBANGAN PROTOTIPE KINCIR ANGIN SAVONIUS
MENGUNAKAN BILAH BALING-BALING SEL SURYA
DENGAN LENGAN BILAH FLEKSIBEL**



**OLEH :
MUHAMMAD RIDWAN**

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PALANGKA
RAYA
2021 M / 1442 H**

**PENGEMBANGAN PROTOTIPE KINCIR ANGIN SAVONIUS
MENGUNAKAN BILAH BALING-BALING SEL SURYA
DENGAN LENGAN BILAH FLEKSIBEL**

Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi sebagian Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan



Oleh:

MUHAMMAD RIDWAN
NIM. 1711130398

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PALANGKA RAYA
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
PROGRAM STUDI TADRIS FISIKA
2021 M/1442 H**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pengembangan Prorotipe Kincir Angin Savonius
Menggunakan Bilah Baling-baling Sel Surya dengan
Lengan Bilah Fleksibel

Nama : Muhammad Ridwan

NIM : 1711130398

Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan


Jurusan : Pendidikan MIPA

Program Studi : Tadris Fsika

Setelah diteliti dan diadakan perbaikan seperlunya, dapat disetujui untuk
disidangkan oleh Tim Penguji Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN
Palangka Raya.

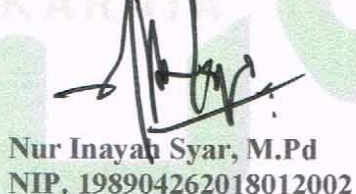
Palangka Raya, Februari 2021

Pembimbing I,



Hadma Yuliani, M.Si, M.Pd
NIP. 199002172015032009

Pembimbing II,



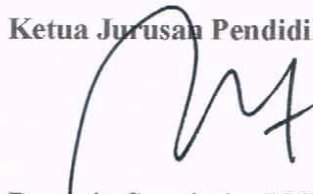
Nur Inayah Syar, M.Pd
NIP. 198904262018012002

**Mengetahui,
Wakil Dekan Bidang Akademik**



Dr. Nurul Wahdah, M.Pd
NIP. 198003072006042004

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



Dr. Atin Supriatin, M.Pd
NIP. 197804242005012005

NOTA DINAS

Hal : Mohon Diuji Skripsi
Saudara Muhammad
Ridwan

Palangka Raya, Februari 2021

Kepada
Yth. Ketua Jurusan Pendidikan
MIPA IAIN Palangka Raya
di-
Palangka Raya

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Setelah membaca, memeriksa dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi saudara:

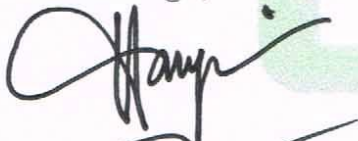
Nama : Muhammad Ridwan
NIM : 1711130398
Judul : Pengembangan Prototipe Kincir Angin Savonius
Menggunakan Bilah Baling-Baling Sel Surya Dengan Lengan
Bilah Fleksibel

Sudah dapat diujikan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd), di Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Palangka Raya.

Demikian atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb

Pembimbing I,



Hadma Yuliani, M.Pd, M.Si
NIP. 199002172015032009

Pembimbing II,



Nur Inayah Syar, M.Pd
NIP. 198904262018012002

PENGESAHAN SKRIPSI

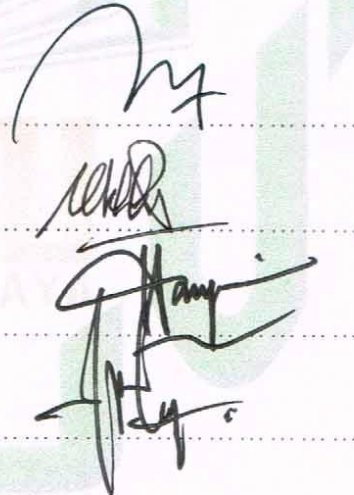
Judul : Pengembangan Prorotipe Kincir Angin Savonius
Menggunakan Bilah Baling-baling Sel Surya dengan
Lengan Bilah Fleksibel
Nama : Muhammad Ridwan
NIM : 1711130398
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Tadris Fsika

Telah diujikan dalam Sidang/Munaqasah Tim Penguji Skripsi Fakultas Tarbiyah
dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya pada:

Hari : Jum'at
Tanggal : 05 Maret 2021 M / 21 Rajab 1442 H

TIM PENGUJI

1. Dr. Atin Supriatin, M.Pd
(Ketua Sidang/Penguji)
2. H. Mukhlis Rohmadi, M.Pd
(Penguji Utama)
3. Hadma Yuliani, M.Si., M.Pd
(Penguji)
4. Nur Inayah Syar, M.Pd
(Sekretaris/Penguji)



Mengetahui:

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu
Keguruan IAIN Palangka Raya



Dr. H. Rodhatul Jennah, M.Pd
NIP. 196710031993032001

PERNYATAAN ORISINALITAS

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ridwan

NIM : 1711130398

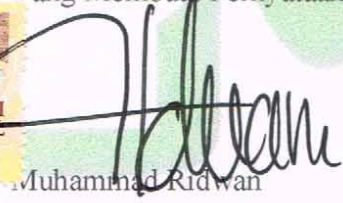
Jurusan/Prodi : Pendidikan MIPA/Tadris Fisika

Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Menyatakan skripsi dengan judul “Pengembangan Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling-baling Sel Surya dengan Lengan Fleksibel”, adalah benar karya saya sendiri. Jika kemudian hari karya ini terbukti merupakan duplikat atau plagiat, maka skripsi dan gelar yang saya peroleh dibatalkan.

Palangka Raya, Februari 2021
Yang Membuat Pernyataan,




Muhammad Ridwan
NIM. 1711130398

PENGEMBANGAN PROTOTIPE KINCIR ANGIN SAVONIUS MENGUNAKAN BILAH BALING-BALING SEL SURYA DENGAN LENGAN BILAH FLEKSIBEL

ABSTRAK

Angin merupakan salah satu sumber energi yang tersedia di bumi yang jumlahnya sangat banyak. Berdasarkan data stasiun pengamat BMKG Tjilik Riwut kecepatan angin di Kalimantan rata-rata adalah 2,17 m/s. Kalimantan termasuk daerah yang mendapat penyinaran matahari secara terus menerus sepanjang tahun. Pemanfaatan dua energi tersebut dikombinasikan menjadi sebuah prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya. Prototipe ini juga berfungsi sebagai media pembelajaran di lembaga pendidikan yang menggabungkan dua sumber energi kedalam satu buah sistem alat.

Penelitian ini bertujuan mengetahui (1) Desain prototipe (2) Kelayakan prototipe (3) Daya yang dihasilkan prototipe (4) Tanggapan guru dan peserta didik tentang hasil pengembangan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* model 4-D. Teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu meliputi lembar validasi, angket dan lembar observasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Kincir angin vertikal dengan jenis savonius dengan melakukan pengembangan pada bagian bilah baling-baling menggunakan sel surya. (2) Kelayakan prototipe kincir angin meliputi kelayakan desain dan kelayakan produk. Kelayakan desain mendapatkan skor 113 dan persentase 86%. Untuk Kelayakan produk mendapatkan skor total 140 dan persentase sebesar 82,6% dengan kategori baik dan kriteria layak. (3) Tanggapan guru mendapatkan skor 154 dengan persentase 86% dan tanggapan peserta didik mendapatkan skor 493 dan persentase 77,3%. (4) Daya yang dihasilkan dengan data kecepatan angin 1,189 m/s dengan intensitas matahari 141,4 menghasilkan 33,9 RPM dan daya sebesar 0,00245 watt. Kecepatan angin 2,233 m/s dengan intensitas matahari 120,1 menghasilkan 68,9 RPM dan daya sebesar 0,01988 watt.

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

THE PROTOTYPE OF THE SAVONIUS WINDMILL DEVELOPED USING SOLAR-CELL BLADES WITH FLEXIBLE VANES

ABSTRACT

Wind is one of the earth's vast sources of energy. Based on data from the observer station of BMKG Tjilik Riwut, the average wind speed in Kalimantan is 2.17 m / s. Kalimantan is one of areas which receives continuous sunshine throughout the year. The utilization of the two energies is combined into a prototype of a savonius windmill using solar-cell blades. This prototype also functions as a learning medium in educational institutions that combines two energy sources into one system of tools.

This study aims to determine (1) Design of prototypes (2) Feasibility of prototypes (3) Power generated by prototypes (4) Responses of teachers and students about the results of developing prototype savonius wind turbines using solar cell propeller blades with flexible blade arms. This study used 4-D model research and development method. The data analysis technique used is quantitative descriptive. The data collection technique used are a validation, questionnaire, and observation sheet.

The research shows that; (1) The vertical windmill with a variety of savonius developing the blades by using solar cells. (2) The worthiness of the prototype of the windmill included the worthiness of the design and the product. The design eligibility got 113 score and 86%. For worthiness of the product got 140 of total score and 82.6% had good categories and eligible criteria. (3) The teacher's responses 154 score with 86% and the responses of students got 493 score and 77.3%. (4) The power generated with 1.189 m / s of wind speed and 141.4 of a sun intensity produced 33.9 RPM and 0.00245 watt of a power. The wind speed of 2.233 m / s with 120.1 of sun intensity produced 68.9 RPM and 0.01988 watts of a power.

Keywords: Windmills, Savonius, Solar Cells, Prototypes, Learning Media

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Pertama-tama, penulis panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT karena rahmat, nikmat dan hidayah-Nya lah penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling-baling Sel Surya dengan Lengan Bilah Fleksibel” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan (S.Pd). Sholawat serta salam semoga tetap dilimpahkan oleh Allah SWT kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau.

Penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. H. Khairil Anwar, M.Ag, Rektor Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah memberi kesempatan kepada penulis dalam memperoleh ilmu.
2. Ibu Dr. Hj. Rodhatul Jennah, M.Pd, Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah memberikan izin dalam melaksanakan penelitian.
3. Ibu Dr. Nurul Wahdah, M.Pd, Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah membantu dalam proses persetujuan skripsi.

4. Ibu Dr. Atin Supriatin, M.Pd, Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah membantu dalam proses persetujuan skripsi.
5. Ibu Hadma Yuliani, M.Pd, M.Si, Ketua Program Studi Tadris Fisika sekaligus dosen pembimbing I dan pembimbing akademik yang selama ini memberi motivasi dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan.
6. Ibu Nur Inayah Syar, M.Pd, pembimbing II yang selama ini memberi motivasi dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan.
7. Ibu Fitriyani, S.Pd, pengelola Laboratorium Fisika Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah memberikan izin peminjaman alat laboratorium untuk melaksanakan penelitian.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah ikut membantu dalam menyusun dan mengumpulkan data dalam penelitian ini. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh keluarga yang telah bersabar didalam memberikan do'a dan perhatiannya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palangka Raya, Februari 2021

Penulis,

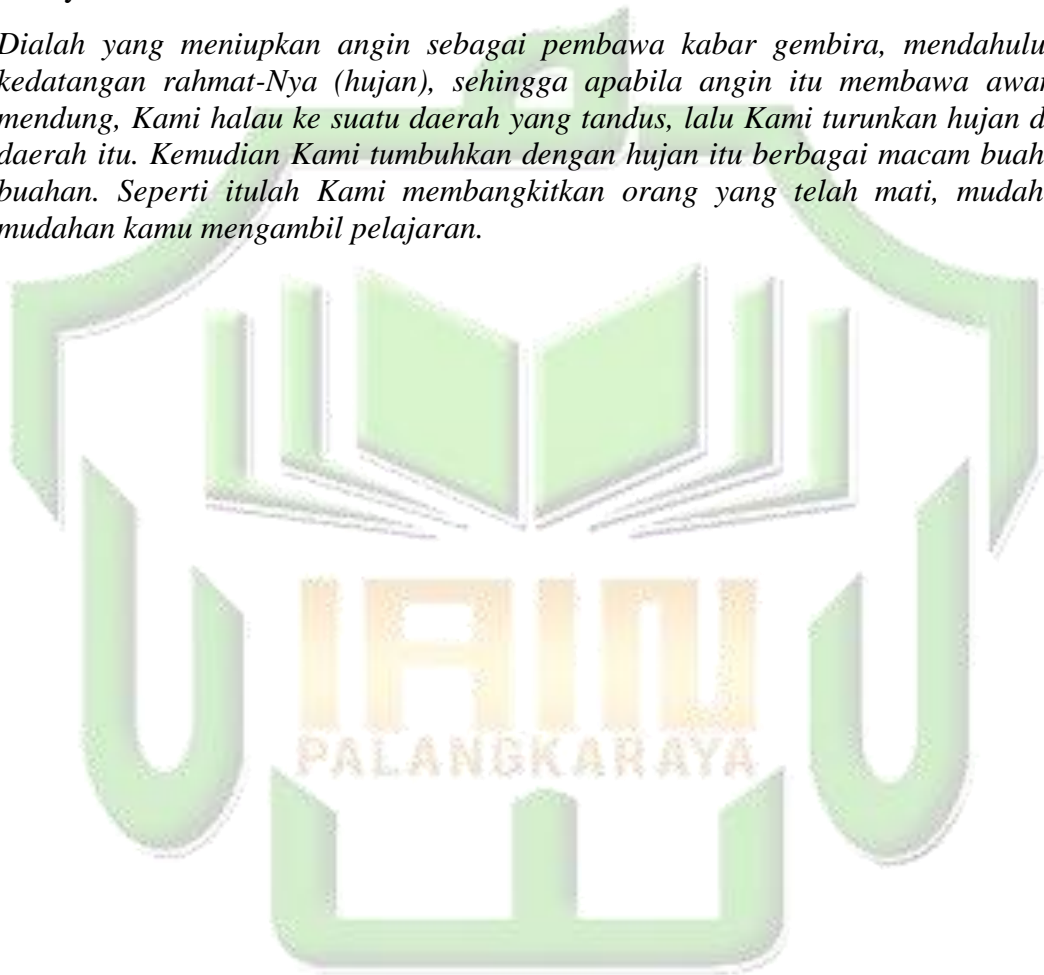
Muhammad Ridwan
NIM. 1711130398

MOTTO

وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ بُشْرًا لِّبَنِي آدَمَ حَتَّى إِذَا أَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنَهُ لِمَدِينَةٍ مَّا تَنْزَلْنَاهُ بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ كَذَلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَى لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

Artinya:

Dialah yang meniupkan angin sebagai pembawa kabar gembira, mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan), sehingga apabila angin itu membawa awan mendung, Kami halau ke suatu daerah yang tandus, lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian Kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang yang telah mati, mudah-mudahan kamu mengambil pelajaran.



LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Bersyukur atas rahmat Allah SWT. Tuhan yang Maha Agung, Maha Tinggi nan maha Pengasih dan Penyayang, yang telah menjadikan aku sebagai manusia yang senantiasa berfikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini.

Semoga dengan terselesaikannya skripsi sederhana ini dapat menjadikan satu langkah awalku untuk mewujudkan cita-cita besarku. Sholawat serta salam selalu terlimpahkan kepada baginda Nabi Besar Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang aku sayangi dan aku kasahi.

Bapak dan Ibuku Tersayang,

Sebagai tanda bukti, hormat dan rasa terimakasihku kepadamu yang tak terhingga sangatlah besar, kupersembahkan karya sederhana ini kepadamu Ibu (Jumiah) dan Bapakku (Sutarno) yang telah merawat dan membimbingku hingga saat ini.

Tiada hari tanpa do'a dan semangat yang senantiasa engkau lafadzkan untuk anakmu. Terimakasih telah berjuang menghidupi aku, terimakasih selalu menerima keluh kesahku dan terimakasih untuk semuanya yang telah kalian berikan kepadaku. Semoga Allah memberikan barokah, kesehatan dan rezeki yang lancar kepadamu. Maafkan anakmu yang hingga saat ini masih menjadi bebanmu.

Adik dan Orang Terdekatku

Sebagai tanda terimakasihku, kupersembahkan karyaku ini untuk Adikku (Ahmad Rifa Setiawan) yang selalu mendukungku. Terimakasih juga untuk orang terkasihku (Riska Furwanti) yang selalu mendengarkan curhatanku dan selalu memberi semangat

ANFIS 2016

Karya sederhana ini aku persembahkan kepada teman-teman seangkatanku Hidayatullah, Juliantio, Trismito, Kiki Andila, Jumaira, Halipatul Jannah, Fitriyani, Aprillia, Riski Syariah, Rani, yang selalu membantu dan menjadi keluargaku selama menempuh pendidikan di IAIN Palangka Raya.

Dosen Tadris Fisika

Terimakasih kepada Bapak dan Ibu dosen ku Ibu Hadma Yuliani, M.Si., M.Pd, Ibu Nur Inayah Syar, M.Pd, Ibu Sri Fatmawati, M.Pd, Ibu Luvia Ranggi Nastiti, S.Si., M.Pd, Ibu Nadia Azizah, M.PFis, Bapak Suhartono, M.Pd.Si, Bapak H. Mukhlis Rohmadi, M.Pd, Bapak Muhammad Nasir, M.Pd, terimakasih atas ilmu, pengalaman dan penguasaan yang telah diberikan kepadaku. Semoga Allah membalas semua kebaikan yang telah bapak dan ibu berikan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
NOTA DINAS.....	iii
PENGESAHAN SKRIPSI.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
MOTTO	x
LEMBAR PERSEMBAHAN	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GRAFIK	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	6
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	7
G. Definisi Operasional Variabel	7
H. Sistematika Penulisan	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA	10
A. Kerangka Teoritis	10
1. Penelitian dan Pengembangan	10
2. Pengertian Angin	10
3. Kincir Angin	11
4. Daya	18

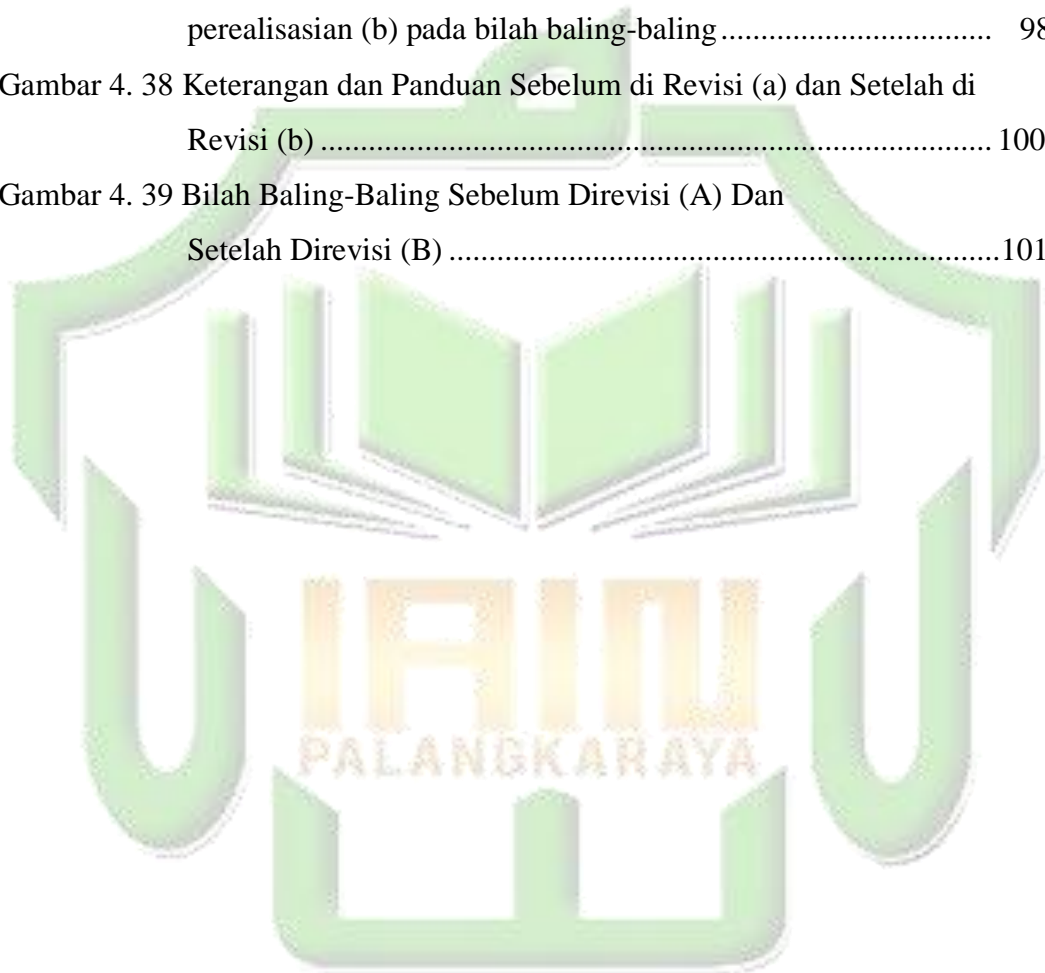
5. Sel Surya	19
6. Generator	22
B. Penelitian Relevan	22
C. Kerangka Berpikir.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Desain Penelitian	28
B. Prosedur Penelitian	30
C. Sumber Data dan Objek Penelitian.....	37
D. Uji Produk.....	38
E. Teknik Analisis Data	39
F. Alat dan Bahan.....	44
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	46
A. Hasil Penelitian.....	46
B. Pembahasan	93
BAB V PENUTUP.....	116
A. Kesimpulan	116
B. Saran	117
DAFTAR PUSTAKA	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis-Jenis Kincir Angin Horizontal	12
Gambar 2. 2 Tipe Rotor Kincir Angin Savonius (a) Tipe U dan (b) Tipe L.....	14
Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Rotor Savonius	14
Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Kincir Angin Darrieus.....	16
Gambar 2. 5 Kincir Angin H-Rotor	17
Gambar 2. 6 Sel Surya	20
Gambar 2. 7 Sistem Photovoltaic.....	21
Gambar 2. 8 Kerangka Berpikir	27
Gambar 3. 1 Tahap Pengembangan 4-D	29
Gambar 3. 2 Rancangan Prototipe Kincir Angin Savonius.....	32
Gambar 3. 3 Bilah Baling-Baling Kincir Angin Sel Surya	33
Gambar 4. 1 Desain Kincir Angin Savonius Menggunakan Baling-Baling Sel Surya Dengan Lengan Bilah Fleksibel	47
Gambar 4. 2 Desain Bilah Baling-Baling Sel Surya	48
Gambar 4. 3 Besi Rangka Tiang Kincir	48
Gambar 4. 4 Besi Rangka Penyangga Kincir.....	49
Gambar 4. 5 Alumunium Composit Segi Enam Sebagai Tempat Meletakkan Beiring dan Rangka Penyangga.....	49
Gambar 4. 6 Alumunium Composit Bentuk L.....	50
Gambar 4. 7 Rangka Tiang Dan Penyangga	50
Gambar 4. 8 Rangka Prototipe Kincir Angin Savonius	50
Gambar 4. 9 Penggabungan Sel Surya Menjadi Modul Surya.....	51
Gambar 4. 10 Bilah Baling-Baling.....	51
Gambar 4. 11 Penggabungan Sel Surya Dengan Bilah Baling-Baling	52
Gambar 4. 12 Rotor Kincir Angin Stainless Steel	52
Gambar 4. 13 Lengan Bilah	52
Gambar 4. 14 Kutub Output Sel Surya	53
Gambar 4. 15 Lengan Bilah, Rotor Dan Bilah Baling-Baling Sel Surya.....	54
Gambar 4. 16 Prototipe Kincir Angin Savonius	54

Gambar 4. 17 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Desain Pada Indikator Tampilan Umum.....	57
Gambar 4. 18 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Desain Pada Indikator Tampilan Khusus.....	58
Gambar 4. 19 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Desain Pada Indikator Penyajian Media	59
Gambar 4. 20 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan pada Indikator Desain Prototipe.....	63
Gambar 4. 21 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan pada Indikator Pemilihan Bahan	64
Gambar 4. 22 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan Pada Indikator Ketahanan Prototipe.....	66
Gambar 4. 23 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan pada Indikator Penggunaan Prototipe	67
Gambar 4. 24 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan pada Indikator Perawatan Prototipe	68
Gambar 4. 25 Proses Pengambilan Data	72
Gambar 4. 26 Proses Pengambilan Data di Lapangan	74
Gambar 4. 27 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Media pada Indikator Keakuratan.....	78
Gambar 4. 28 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Media pada Indikator Kelengkapan Sajian	80
Gambar 4. 29 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Media pada Indikator Konsep Dasar Media	81
Gambar 4. 30 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Media pada Indikator Kesesuaian Sajian.....	82
Gambar 4. 31 Uji Coba Untuk Melihat Repon Peserta Didik.....	85
Gambar 4. 32 Interval Keseluruhan Respons Peserta Didik pada Indikator Tampilan.....	87
Gambar 4. 33 Interval Keseluruhan Respons Peserta Didik pada Indikator Kemenarikan.....	89

Gambar 4. 34 Interval Keseluruhan Respons Peserta Didik pada Indikator Manfaat.....	90
Gambar 4. 35 Perbandingan antara gambar arsitektual (a) dan gambar perealisasian (b) pada kerangka.....	94
Gambar 4. 36 Perbandingan Antara Gambar Arsitektual (a) Dan Gambar Perealisasian (b) Pada Bilah Baling-Baling	95
Gambar 4. 37 Perbandingan antara gambar arsitektual (a) dan gambar perealisasian (b) pada bilah baling-baling	98
Gambar 4. 38 Keterangan dan Panduan Sebelum di Revisi (a) dan Setelah di Revisi (b)	100
Gambar 4. 39 Bilah Baling-Baling Sebelum Direvisi (A) Dan Setelah Direvisi (B)	101



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Klasifikasi Angin Berdasarkan Skala Beaufort.....	11
Tabel 2.2	Perbandingan Kincir Angin Sumbu Horizontal (HAWT) Dan Kincir Angin Sumbu Vertikal (VAWT).....	17
Tabel 3.1	Interval	40
Tabel 3.2	Kriteria Validasi	41
Tabel 3.3	Interval	43
Tabel 3.4	Kriteria Validasi	43
Tabel 3.5	Alat Yang Digunakan.....	44
Tabel 3.6	Bahan Yang Digunakan	44
Tabel 3.7	Alat Yang Digunakan Dalam Pengukuran.....	45
Tabel 4.2	Penilaian Ahli Pertama Dan Kedua Pada Indikator Tampilan Umum.....	56
Tabel 4.3	Penilaian Ahli Pertama Dan Kedua Pada Indikator Tampilan Khusus.....	57
Tabel 4.4	Penilaian Ahli Pertama Dan Kedua Pada Indikator Penyajian Media.....	59
Tabel 4.5	Hasil Keseluruhan Penilaian Ahli Pertama Dan Kedua Pada Desain.....	60
Tabel 4.6	Rekapitulasi Ahli Pertama Dan Kedua.....	61
Tabel 4.7	Sebelum Dan Sesudah Revisi Desain.....	62
Tabel 4.8	Penilaian Ahli Pertama Dan Kedua Pada Indikator Desain Prototipe	63
Tabel 4.9	Penilaian Ahli Pertama Dan Kedua Pada Indikator Pemilihan Bahan.....	64
Tabel 4.10	Penilaian Ahli Pertama Dan Kedua Pada Indikator Ketahanan Prototipe	65
Tabel 4.11	Penilaian Ahli Pertama Dan Kedua Pada Indikator Penggunaan Prototipe	67

Tabel 4.12	Penilaian Ahli Pertama Dan Kedua Pada Indikator Perawatan Prototipe	68
Tabel 4.13	Hasil Keseluruhan Penilaian Ahli Pertama Dann Kedua Pada Produk	69
Tabel 4.14	Rekapitulasi Ahli Perta Mdan Kedua.....	71
Tabel 4.15	Hasil Daya Prototipe Kincir Angin	73
Tabel 4.16	Hasil Daya Prototipe Kincir Angin Menggunakan Angin Alam ..	76
Tabel 4.17	Penilaian Ahli Pertama, Kedua Dan Ketiga Pada Indikator Keakuratan	78
Tabel 4.18	Penilaian Ahli Pertama, Kedua Dan Ketiga Pada Indikator Kelengkapan Sajian.....	79
Tabel 4.19	Penilaian Ahli Pertama, Kedua Dan Ketiga Pada Indikator Konsep Dasar Media	81
Tabel 4.20	Penilaian Ahli Pertama, Kedua Dan Ketiga Pada Indikator Konsep Dasar Media	82
Tabel 4.21	Hasil Tangapan Guru Keseluruhan Penilaian Ahli Pertama Kedua Dan Ketiga	83
Tabel 4.22	Rekapitulasi Tanggapan Guru	85
Tabel 4.23	Hasil Respons Peserta Didik Pada Indikator Tampilan	87
Tabel 4.24	Hasil Respons Peserta Didik Pada Indikator Kemenarikan	88
Tabel 4.25	Hasil Respons Peserta Didik Pada Indikator Manfaat	90
Tabel 4.26	Hasil Keseluruhan Respon Peserta Didik.....	92
Tabel 4.27	Rekapitulasi Respons Peserta Didik.....	94

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan Kecepatan Angin (m/s) Dan Putaran Kincir Angin (RPM).....	74
Grafik 4.2 Hubungan Kecepatan Angin (m/s) Dan Daya (Watt)	74
Grafik 4.3 Hubungan Waktu, Kecepatan Angin (m/s) dan Daya (Watt).....	77
Grafik 4.4 Hubungan Kecepatan Angin (m/s) dan Daya (Watt)	106
Grafik 4.5 Hubungan Waktu, Kecepatan Angin (m/s) dan Daya (Watt).....	107



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Angin merupakan salah satu sumber energi yang tersedia di bumi yang jumlahnya sangat banyak. Angin tidak akan pernah habis walaupun digunakan terus menerus. Angin juga merupakan energi yang ramah lingkungan dan bersifat dapat diperbaharui. Angin didefinisikan suatu udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan atau suhu udara (Cristina, 2013: 25). Pemanfaatan energi angin diperlukan alat yang dapat mengkonversi energi angin sehingga menghasilkan tenaga atau kerja yang dapat dimanfaatkan oleh manusia. Kincir angin merupakan salah satu alat yang dapat mengkonversi energi angin menjadi energi kerja berupa torsi yang dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan lain.

Kincir angin berfungsi mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik. Desain dari kincir angin sangat banyak macam jenisnya. Berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu kincir angin sumbu mendatar (*horizontal axis wind turbine*) dan kincir angin sumbu vertikal (*vertical axis wind turbine*) (Daryanto, 2007).

Kincir angin sumbu vertikal merupakan kincir angin sumbu tegak yang gerak poros dan rotor sejajar dengan arah angin. Angin yang memungkinkan untuk memutar kincir yaitu memiliki kecepatan 3,5 m/s sampai dengan 20,7 m/s. Sedangkan kecepatan angin di Kalimantan Tengah menurut data stasiun pengamat BMKG Tjilik Riwut adalah 2,17 m/s dan memiliki arah yang tidak menentu (sumber: data online pusat database BMKG). Berdasarkan hal tersebut kincir angin vertikal dengan jenis savonius dipilih. Keuntungan jenis kincir angin vertikal adalah tidak terpengaruh oleh arah angin, serta dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah $< 0,3$ m/s dan pada kecepatan angin tinggi $\geq 32,7$ m/s (Aymane, 2017).

Kincir angin sumbu vertikal jenis savonius itu sendiri telah diteliti. Bahkan artikel dan jurnal ilmiah tentang rancang bangun kincir angin savonius telah banyak dikembangkan oleh para peneliti salah satunya pada rancang bangun kincir angin pembangkit tenaga listrik sumbu vertikal savonius portabel menggunakan generator magnet permanen yang dilakukan oleh Nahoda dan Saleh (2015) hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut bahwa kincir memutar generator pada kecepatan putaran 50 rpm hingga 500 rpm dengan tegangan yang dihasilkan 4,7 volt hingga 44,1 volt. Penelitian serupa dilakukan kembali oleh Nahoda dan Saleh (2016) dengan judul Rancang bangun generator magnet permanen untuk pembangkit tenaga listrik skala kecil menggunakan kincir angin savonius portabel. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut bahwa kincir angin diuji pada kecepatan angin 2 m/s sampai dengan 8 m/s, mulai berputar pada kecepatan angin 3 m/s dan

mengeluarkan tegangan sebesar 6 volt sampai dengan 14,8 volt. Kastiawan, *et.all* (2017) melakukan penelitian pengaruh celah fin, sudu kemiringan fin dan celah sudu terhadap kinerja turbin angin savonius tipe-V. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa fin berpengaruh terhadap kecepatan putaran angin.

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, belum ada yang menjadikan kincir angin sebagai media pembelajaran di lembaga pendidikan. Berdasarkan hasil observasi di SMAN 1 Palangka Raya dengan melakukan penyebaran angket melalui *jotform*. 76% peserta didik menjawab bahwa pelajaran fisika sulit dimengerti. Proses pembelajaran secara langsung dengan melakukan praktik pembuatan media mampu membuat peserta didik mudah dalam memahami pembelajaran fisika. Terbukti dari 29 responden menjawab bahwa perlu adanya kegiatan praktikum untuk membuat sebuah media. Dari hasil angket yang telah di sebarakan 55% peserta didik tertarik jika pembelajaran fisika dilakukan dengan melakukan praktik secara langsung dengan membuat sebuah alat. 31% peserta didik tertarik jika peserta didik dilakukan dengan membuat sebuah modul pembelajaran sederhana. Serta 14 % sisanya tertarik jika pembelajaran fisika membuat sebuah video dan media lainnya. Berdasarkan hal tersebut pembuatan media untuk menunjang pembelajaran fisika untuk peserta didik perlu. Hal tersebut bertujuan agar peserta didik mampu melakukan praktik secara langsung. Media yang dibuat adalah sebuah prototipe kincir angin dimana media tersebut adalah salah satu

pengembangan dari salah satu jenis kincir angin vertikal savonius yang dikombinasikan dengan sel surya.

Bahkan penggabungan dua sumber energi angin dan matahari untuk digabungkan bersama kincir angin dalam rentang waktu 10 tahun terakhir hanya ada satu penelitian yang memadukan energi matahari dan energi angin menjadi satu buah alat, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Wardana (2017) mengenai rancang bangun kincir angin hibrid. Dengan demikian perlu adanya inovasi baru yang mampu membuat sebuah pengembangan kincir angin yang memadukan dari dua sumber energi serta dapat dijadikannya sebagai media pembelajaran dalam dunia pendidikan. Inovasi-inovasi terbaru yang menjadikan pembeda dari penelitian-penelitian sebelumnya adalah belum adanya pengembangan prototipe kincir angin savonius yang menggunakan bilah fleksibel. Serta sel surya dijadikan sebuah bilah baling-baling pada kincir angin.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dan pengembangan dengan judul **“Pengembangan Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling-baling Sel Surya dengan Lengan Bilah Fleksibel”**.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi antara lain:

1. Kincir angin yang digunakan adalah kincir angin savonius

2. Uji coba dilakukan dalam ruangan laboratorium untuk menghindari faktor pengganggu dari luar.
3. Uji coba produk dilakukan di SMA dengan skala terbatas dikarenakan wabah virus COVID-19.
4. Kecepatan angin dianggap konstan dan dianggap dari satu arah yang berasal dari blower AC (*Air Conditioner*).

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang peneliti paparkan diatas, maka muncul permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimanakah desain prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel?
2. Bagaimanakah kelayakan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel?
3. Bagaimanakah daya yang dihasilkan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel?
4. Bagaimanakah tanggapan guru dan peserta didik tentang hasil pengembangan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui desain prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel.
2. Mengetahui kelayakan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel.
3. Mengetahui daya yang dihasilkan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel.
4. Mengetahui tanggapan guru dan peserta didik tentang hasil pengembangan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Energi yang dihasilkan oleh kincir angin dapat mengeluarkan daya yang maksimum baik dari generator maupun dari sel surya yang terletak di bilah dari kincir angin itu sendiri.
2. Sebagai salah satu alat peraga dalam mata kuliah laboratorium fisika terutama dalam pemanfaatan sumber energi angin.
3. Sebagai bahan informasi kepada masyarakat dalam memaksimalkan pemanfaatan sumber daya alam khususnya sumber daya angin dalam kehidupan sehari-hari.
4. Sebagai salah satu bentuk implementasi ilmu fisika dalam kehidupan sehari-hari serta dalam dunia pendidikan.
5. Sebagai media pembelajaran dalam dunia pendidikan.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dikembangkan berupa rancang bangun kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Kincir angin yang dipilih adalah kincir angin savonius.
2. Kincir angin yang dibuat menggunakan bahan yang mudah didapatkan.
3. Kincir angin yang dibuat menggunakan lengan bilah yang fleksibel
4. Kincir angin yang dibuat pada permukaan bilah ditambahkan sel surya.
5. Kincir angin yang dibuat menggunakan satu buah rotor.
6. Kincir angin yang dibuat menggunakan dua tingkat bilah.
7. Kincir angin yang dibuat terdapat skat *output* dari sel surya.
8. Generator terletak pada bagian bawah kincir angin.
9. Kincir angin yang dibuat mampu mengerjakan dua sistem dalam satu alat.
10. Kincir angin dapat dibongkar pasang.
11. Kincir angin dapat dijadikan media pembelajaran di sekolah.

G. Definisi Operasional Variabel

Definisi Operasional Variabel adalah pengertian atau deskripsi dari segala faktor yang mempengaruhi atau dipengaruhi dan memiliki nilai menurut cara pengoperasian, praktik, riil dan fungsi dalam lingkup objek penelitian yang diteliti. Adapun variabel dalam penelitian ini adalah :

1. Prototipe

Bentuk yang dirancang dengan memperhatikan fungsi kinerja untuk menentukan kebutuhan dan metode yang akan dilakukan pada skala sesungguhnya yang dapat menghasilkan data baik data kinerja, daya dan data kelayakan serta ketahanan dari alat yang akan dibuat.

2. Kincir angin savonius

Kincir angin savonius adalah kincir angin dengan sumbu vertikal yang mampu bergerak dengan tidak didasarkan datangnya arah angin. Kincir angin savonius juga mampu berputar dengan sendirinya tanpa harus adanya pemberian gaya terlebih dahulu.

3. Bilah baling-baling sel surya

Bilah baling-baling adalah sebuah bilah atau blade yang berada dalam kincir angin. Berfungsi sebagai penggerak dari kincir angin tersebut. Sel surya adalah sebuah semi konduktor yang mampu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. sehingga bilah baling-baling sel surya merupakan perpaduan antara bilah atau blade dengan sel surya tersebut.

4. Lengan bilah fleksibel

Lengan bilah fleksibel ini adalah sebuah modifikasi dari kincir angin vertikal. Maksud dari bentuk lengan bilah fleksibel ini untuk memudahkan dalam mengatur sebuah bilah. Bilah yang diatur dengan lengan fleksibel ini akan mampu menyesuaikan dengan arah datangnya angin.

H. Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan skripsi ini meliputi 5 bab yaitu sebagai berikut.

1. Bab I pendahuluan menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, spesifikasi produk yang dikembangkan, definisi operasional variabel dan sistematika penulisan.
2. Bab II kajian pustaka menjelaskan mengenai kerangka teori, penelitian yang relevan dan kerangka berpikir.
3. Bab III metode penelitian menjelaskan mengenai desain penelitian, prosedur penelitian, sumber data dan objek penelitian, uji produk, teknik analisis data serta alat dan bahan.
4. Bab IV hasil penelitian menjelaskan mengenai hasil dan pembahasan yang menjawab dari rumusan masalah yang berisikan tentang data-data pengujian alat.
5. Bab V penutup menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran yang dikemukakan pada penelitian, kemudian diakhiri dengan saran-saran yang sifatnya membangun dan memperbaiki isi skripsi. Setelah bab V disertai daftar pustaka sebagai rujukan penelitian ini.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kerangka Teoritis

1. Penelitian dan Pengembangan

Penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Research and Development (R&D)* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji efektivitas produk tersebut (Sugiono, 2017: 297). Penelitian dan pengembangan adalah suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan aktivitas yang berhubungan penciptaan atau penemuan baru, metode, produk atau jasa dan menggunakan pengetahuan yang baru ditemukan untuk memenuhi kebutuhan (Putra, 2012: 77). Berdasarkan hal ini penelitian dan pengembangan berusaha menghasilkan suatu produk yang dibutuhkan.

2. Pengertian Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan atau suhu udara. Angin memiliki kecepatan tertentu, pergerakan udara mampu memutarakan kincir angin atau baling-baling udara. Skala kecepatan angin diukur dengan sistem Beaufort, sesuai dengan nama penemunya, yaitu Francis Beaufort orang berkebangsaan Irlandia. Kecepatan angin yang mampu

menggerakkan kincir dan mampu membangkitkan energi listrik adalah sebagai berikut (Cristina, 2013: 25-26).

Tabel 2.1. Klasifikasi Angin Berdasarkan Skala Beaufort

Skala Beaufort	Kecepatan (m/s)	Keterangan
0	< 0,3	<i>calm</i>
1	0,3 – 1,5	<i>light air</i>
2	1,6 – 3,4	<i>light breeze</i>
3	3,5 – 5,4	<i>gentle breeze</i>
4	5,5 – 7,9	<i>moderate breeze</i>
5	8,0 – 10,7	<i>fresh breeze</i>
6	10,8 – 11,8	<i>strong breeze</i>
7	13,9 – 17,1	<i>high wind, moderat gale, near gale</i>
8	17,2 – 20,7	<i>gale, fresh gale</i>
9	20,8 – 24,4	<i>strong gale</i>
10	24,5 – 28,4	<i>strom, whole gale</i>
11	28,5 32,6	<i>violent gale</i>
12	≥32,7	<i>Hurricane</i>

Sumber: Cristina, 2013

Berdasarkan klasifikasi angin di tabel 1.2 kecepatan angin yang memungkinkan untuk pemasangan Kincir angin adalah pada kisaran 3,5 m/s sampai dengan 20,7 m/s (Cristina, 2013: 26).

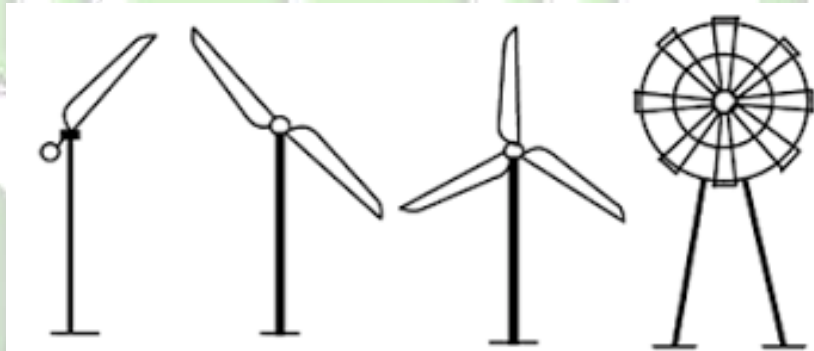
3. Kincir Angin

Kincir angin adalah alat yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Prinsip dasar kerja kincir angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir. Kincir angin menghasilkan putaran generator dan kemudian menghasilkan listrik. Berdasarkan jenis sumbu utamanya, kincir angin di bagi menjadi dua (Sutarno, 2013: 146).

a. Jenis-jenis Kincir Angin

1) Kincir Angin Sumbu Horizontal

Kincir angin sumbu horizontal memiliki sudu yang berputar dalam bidang vertikal. Kincir angin horizontal memiliki bentuk irisan melintang khusus dimana aliran pada salah satu sisinya dapat bergerak lebih cepat dari aliran udara di sisi yang lain ketika dilewati angin. Fenomena tersebut menimbulkan daerah tekanan rendah pada belakang sudu dan daerah tekanan tinggi didepan sudu. Perbedaan tekanan ini membentuk gaya yang menyebabkan sudu berputar (Daryanto,



2007: 14).

Sumber: <http://imperishable173.blogspot.com/>

Kincir angin sumbu horizontal memiliki poros rotor utama dan generator listrik berada di puncak menara. Kincir angin jenis ini memiliki poros rotor utama dan generator listrik

Gambar 2. 1 Jenis-Jenis Kincir Angin Horizontal

di puncak menara. Kincir berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin yang sederhana, sedangkan kincir angin yang berukuran besar umumnya menggunakan sensor angin yang dihubungkan dengan servo motor (Sutarno, 2013: 146).

2) Kincir angin sumbu vertikal

Kincir angin sumbu vertikal memiliki poros utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan dari kincir angin sumbu vertikal ini adalah tidak harus diarahkan terhadap arah angin, akan tetapi jenis kincir angin ini mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah (Sutarno, 2013: 146). Beberapa jenis kincir angin yang sering digunakan, antara lain yaitu sebagai berikut.

a) Kincir Angin Savonius

Tipe savonius diciptakan oleh seorang insinyur Finlandia yaitu, Sigurd Johanes Savonius pada tahun 1922. Kincir angin ini merupakan model yang paling sederhana dan menjadi variasi besar dari anemometer. Kincir savonius dapat berputar karena adanya gaya dorong angin, sehingga putaran rotor tidak melebihi kecepatan angin. Kincir angin savonius memiliki koefisien tidak lebih dari 25%. Jenis kincir angin ini cocok untuk aplikasi daya rendah dan

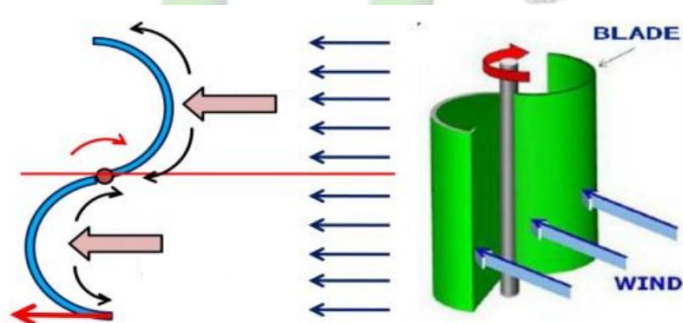
biasanya digunakan pada kecepatan angin yang berbeda (Aymane, 2017: 19).



Sumber: <https://fkmtindonesia.or.id/savonius-windKincire/>

Gambar 2. 2 Tipe Rotor Kincir Angin Savonius (a) Tipe U dan (b) Tipe L

Gambar 2.2 menunjukkan bentuk dari rotor dari kincir angin savonius tipe U dan tipe L. Kincir angin savonius memiliki prinsip kerja yang sederhana. Gambar 2.3 menunjukkan prinsip kerja rotor pada kincir angin savonius. Kincir berputar karena perbedaan dari gaya drag yang bekerja pada bagian cekung dan cembung pada bilahnya.



Sumber: <https://fkmtindonesia.or.id/savonius-wind-Kincire/>

Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Rotor Savonius

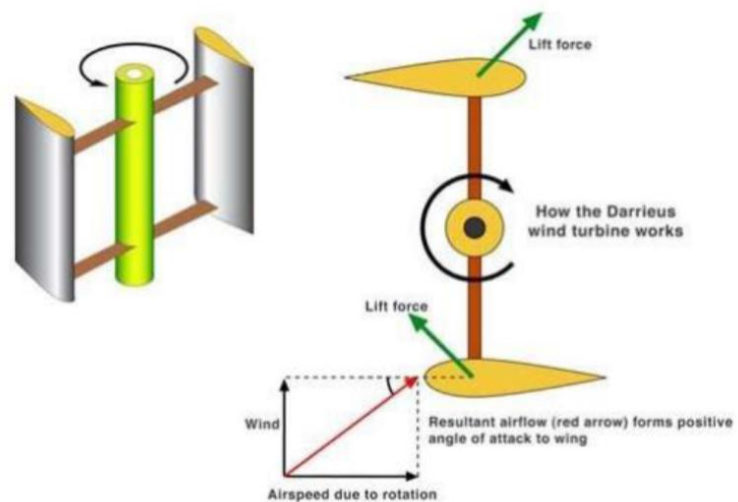
Karakteristik kincir savonius ditandai oleh daerah tersapu. Area ini memengaruhi output energi kincir, dan semakin besar, semakin banyak energi yang dikumpulkan kincir (Aymane, 2017: 19).

b) Kincir Angin Darrieus

Kincir angin Darrieus adalah turbin vertikal dengan bilah aerofil yang menggunakan gaya angkat untuk memutar rotor dan menghasilkan listrik. Kincir angin darrieus dirancang dan pertama kali dibuat oleh insinyur penerbangan Perancis Georges Jean Marie Darrieus pada 1920-an.

Prinsip kerja kincir darrieus sangat berbeda dari turbin sumbu horizontal, meskipun keduanya bergantung pada gaya angkat. Setelah turbin mulai berputar, gerakan bilahnya melalui udara menciptakan angin yang relatif terhadap bilah yang berputar. Aliran udara relatif ini ditambahkan ke angin sehingga menghasilkan kombinasi gaya. Ini menciptakan gaya yang menyebabkan torsi positif bersih di rotor, membuatnya berputar ke arah yang sama seperti sebelumnya. Jika kincir darrieus tidak bergerak, sebagian besar waktu angin tidak akan menyebabkannya bergerak, karena kombinasi aliran udara yang dihasilkan dari gerakan bilah dan angin yang menopang gerakan, dan bukan hanya angin.

Rotor Darrieus harus dimulai dengan memutarinya hingga mencapai kecepatan operasinya, yang merupakan kelemahan



Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Kincir Angin Darrieus

utama (Aymane, 2017: 16).

Sumber: <https://docplayer.info/>

c) Kincir Angin H-Rotor

Rotor H-Darrieus, juga dikenal sebagai rotor Giromill, adalah versi rotor Darrieus yang lebih efisien. Baling-balingnya lebih mudah dibuat dan menawarkan efisiensi yang lebih besar, menjadikannya lebih menarik baik secara teknis maupun ekonomis. Bilah lurus menggantikan bilah melengkung dan menggunakan prinsipal yang sama untuk beroperasi. Versi dua bilah Giromill membentuk bentuk huruf H, dan karenanya namanya. Blades-nya dapat diperbaiki atau memiliki pitch yang bervariasi tergantung

pada kebutuhan, dan beberapa desain pitch yang variabel dapat memulai sendiri (Aymane, 2017: 17-18).



Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail>

b. Kelebihan dan Kekurangan Kincir Angin Horizontal dan Vertikal

Berdasarkan karakteristik dari kincir angin sumbu horizontal dan kincir angin sumbu vertikal, tabel 2.2 akan menjelaskan karakteristik dan kinerja dari HAWT dan VAWT.

Gambar 2. 5 Kincir Angin H-Rotor

Tabel 2.2 Perbandingan Kincir Angin Sumbu Horizontal (HAWT) dan Kincir Angin Sumbu Vertikal (VAWT)

Indikator	VAWT	HAWT
Getaran pada menara	Kecil	Besar
Mekanisme pada menara	Tidak	Iya
Formasi keseluruhan	Sederhana	Komplek
Lokasi	Di tanah	Tidak di tanah
Ketinggian dari tanah	Kecil	Besar

Ruang pengoperasian blade	Kecil	Besar
Kebisingan yang dihasilkan	Rendah	Pada umumnya tinggi
Arah angin	Segala arah	Satu arah

Sumber: Aymane, 2017: 15

4. Daya

Daya (*power*) didefinisikan laju dimana usaha dilakukan. Daya rata-rata sama dengan usaha yang dihasilkan dibagi lamanya waktu yang diperlukan untuk menghasilkannya (Giancoli, 2014: 198). Daya dapat didefinisikan sebagai laju perubahan energi sehingga

$$P_{avg} = \frac{W}{\Delta t}$$

Daya sesaat P adalah kecepatan sesaat selama usaha dilakukan secara matematis dituliskan

$$P = \frac{dW}{dt}$$

Satuan SI untuk daya adalah joule per detik. Satuan ini sering digunakan dengan nama lain watt, diambil dari nama James Watt. Dalam sistem Inggris, satuan daya adalah *foot pound per second*. *Horsepower* (HP) juga sering digunakan. (Halliday, 2005: 169). Daya listrik adalah banyaknya energi dalam satuan waktu.

$$P = \frac{W}{t}$$

Jika $W = V \times I \times t$ maka $P = \frac{W}{t}$ dapat ditulis

$$P = V \times I$$

dengan

P = Daya (Watt)

W = Usaha (Joule)

t = Waktu (s) (Achmadi, 2004: 31)

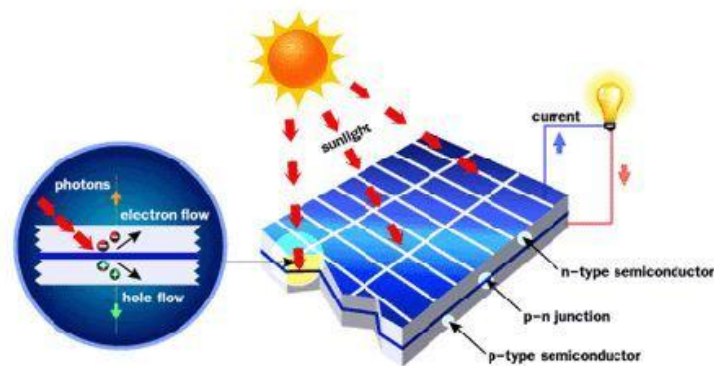
5. Sel Surya

Sel surya adalah seperangkat modul untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. (Safitri, 2019: 2).

Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semi konduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek *photovoltaic*. Teknik pemanfaatan energi surya muncul pada tahun 1839, ditemukan oleh A.C Becquerel. Kristal silicon digunakan untuk mengkonversi radiasi matahari.

Photovoltaic merupakan bahan dan perangkat mengkonversi sinar matahari energi listrik, dan sel Photovoltaic. Photovoltaic dapat diterjemahkan sebagai cahaya listrik. Sistem Photovoltaic tidak

membutuhkan cahaya matahari yang terang untuk beroperasi



Photovoltaic adalah konversi langsung cahaya menjadi listrik pada tingkat atom. Bahan menunjukkan sebuah properti yang dikenal sebagai efek fotolistrik yang menyebabkan mereka untuk menyerap foton cahaya dan melepaskan elektron. Ketika elektron bebas ini ditangkap dihasilkan arus listrik yang dapat digunakan sebagai listrik.

Sumber: <https://teknologisurya.wordpress.com/>

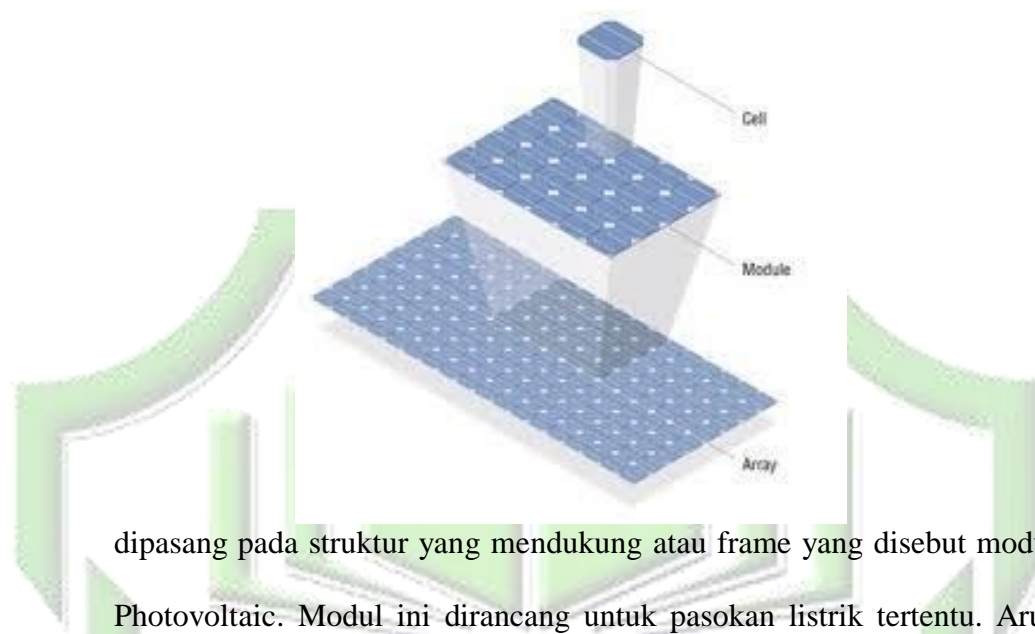
Gambar 2.6 menunjukkan dasar pengoperasian dasar sel *Photovoltaic* atau juga yang disebut sel surya. Sel surya terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon yang digunakan dalam industri mikro elektronika. Semikonduktor tipis diperlakukan khusus untuk

Gambar 2. 6 Sel Surya

membentuk medan listrik di satu sisi positif dan di sisi lain negatif. Ketika energi cahaya mengenai sel, elektron terlepas dari atom yang ada dalam material semikonduktor. Jika konduktor yang melekat pada sisi positif dan negatif membentuk sebuah rangkaian listrik, elektron dapat

ditangkap dalam bentuk arus listrik. listrik kemudian dapat digunakan untuk menyalakan beban.

Sel surya secara elektrik dihubungkan dengan yang lain dan



dipasang pada struktur yang mendukung atau frame yang disebut modul Photovoltaic. Modul ini dirancang untuk pasokan listrik tertentu. Arus yang dihasilkan secara langsung tergantung seberapa banyak cahaya yang mengenai modul.

Sumber: (<https://docplayer.info/75142444>)

Gambar 2.8 menunjukkan sebuah modul-modul yang digabungkan untuk membentuk sebuah array. Semakin besar wilayah modul atau array semakin banyak listrik yang akan dihasilkan. Modul Photovoltaic dan array menghasilkan listrik arus searah (DC). Modul dan array secara elektrik dapat dihubungkan secara seri dan paralel untuk menghasilkan kombinasi tegangan dan arus yang dibutuhkan. (Safitri, 2019: 4).

Gambar 2. 7 Sistem Photovoltaic

6. Generator

Generator adalah suatu sistem yang menghasilkan tegangan listrik dengan masukan tenaga mekanik. Generator berfungsi untuk mengubah tegangan mekanik menjadi tegangan listrik yang memiliki prinsip kerja bilamana rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan, sehingga menimbulkan arus listrik (Daryanto, 2014: 78).

B. Penelitian Relevan

1. Triadi S. (2019) dengan judul Prototype Pembangkit Listrik Hybrid Turbin Angin dan Panel Surya. Penelitian tersebut menggunakan jenis kincir angin savonius. Peletakan sel surya diletakkan pada bagian atas dari kerangka dari kincir angin. Hal yang membedakan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu peletakan sel surya dan jenis bilah yang digunakan. Dimana penelitian yang akan dilakukan dengan meletakkan sel surya pada bagian bilah baling-baling.
2. Nakhoda (2015) dengan judul “Rancang Bangun Kincir Angin Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel menggunakan Generator Magnet Permanen”. Penelitian tersebut menggunakan jenis kincir angin vertikal savonius portabel dengan menggunakan generator permanen. Dimana kincir angin portabel ini digunakan agar kincir angin mudah untuk dipindahkan. Dari hasil penelitian tersebut dilakukan dengan dua

pengujian. Pengujian pertama tanpa menggunakan beban dan pengujian kedua menggunakan beban.

3. Wardhana (2017) dengan Judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Hibrida Menggunakan Kincir Angin Sumbu Vertikal Savonius dan Panel Sel Surya Skala Kecil”. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan adalah diperoleh daya dari kedua pembangkit listrik tersebut sebesar 17,2 Ah dalam waktu 10 Jam.
4. Untung (2016) dengan judul “Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja *Prototype* Turbin Angin *Vertical Axis Savonius*”. Penelitian tersebut menggunakan tiga variasi sudu yang diujicoba berdasarkan beda kecepatan angin. Hasil dari penelitian yang dilakukan dari daya turbin dan daya generator yaitu pada desain sudu 7/16 dengan kecepatan angin 6,1 m/s.
5. Kastiawan (2017) dengan judul “Pengaruh Celah Fin, Sudu Kemiringan Fin dan Celah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius Type V”. Penelitian tersebut menghasilkan putaran gaya pada poros turbin maksimum sebesar 96,7 Rpm dan 1,4 N. Kinerja turbin angin savonius tipe V terbaik pada variasi celah fin 5 mm dan sudut kemiringan fin 30^0 .
6. Rines (2016) dengan judul “Unjuk Kerja Model-model Kincir Angin Savonius Dua Tingkat dengan Kelengkungan Sudu Termodifikasi”. Penelitian tersebut menggunakan model kincir angin savonius dengan memodifikasi kelengkungan sudu dan menggunakan dua tingkat kincir. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin besar rasio

terhadap diameter atau semakin langsing suatu rotor, maka semakin tinggi koefisien daya puncak yang dihasilkan oleh rotor dari kincir itu sendiri. Sehingga menjadikan acuan untuk memperkecil rotor dari kincir angin yang akan di buat sehingga dapat menghasilkan daya puncak yang maksimal.

Adapun kesamaan penelitian yang relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah sama-sama menggunakan kincir angin savonius. Kesamaan lain yaitu dengan jumlah tingkatan sudu, dan menggunakan desain rotor yang langsing. Perbedaan dari penelitian relevan yaitu terletak pada sudunya, dimana sudu pada kincir angin yang telah dilakukan menggunakan pemodifikasian pada kelengkungan sudu. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan peneliti dimana peneliti menggunakan sudu lengan yang fleksibel dan menggunakan blade atau bilah dengan sel surya.

Saran untuk penelitian sebelumnya agar dapat memodifikasi jumlah dari tingkatan sudunya. Dalam penelitian jumlah tingkatan sudu sebanyak dua tingkatan. Jika jumlah tingkatan ditambah menjadi 3 dan memperkecil rotor maka daya puncak yang akan dihasilkan maka lebih besar.

7. Trikurniawan (2017) melakukan penelitian yang berjudul “Karakteristik Kincir Angin Savonius Termodifikasi Empat Sudu dengan Lima Variasi Sudut Pitch Rotor Kincir”. Penelitian ini menggunakan Kincir angin model savonius dengan menggunakan mekanisme pitch. Modifikasi pada

penelitian ini adalah terletak pada sudu dan penempatan sudut pada *pitch*. Sudut yang digunakan dalam penelitian ini yaitu $22,5^0$, 45^0 , $-22,5^0$, -45^0 dan sudut aktif. Hasil penelitian karakteristik Kincir angin tersebut adalah terjadinya kecepatan rotor tertinggi yaitu sebesar 115 rpm pada sudut $22,5^0$.

Adapun kesamaan penelitian yang relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah sama-sama menggunakan kincir angin savonius. Kesamaan yang lain yaitu pada jumlah sudunya, dimana dalam penelitian menggunakan empat lengan sudu. Perbedaan dari penelitian relevan adalah terletak pada sistem bladenya, dimana penelitian yang relevan menggunakan mekanisme *pitch* dan menentukan penempatan sudut dari masing-masing *pitch*. Sedangkan penelitian yang dilakukan menggunakan lengan yang fleksibel.

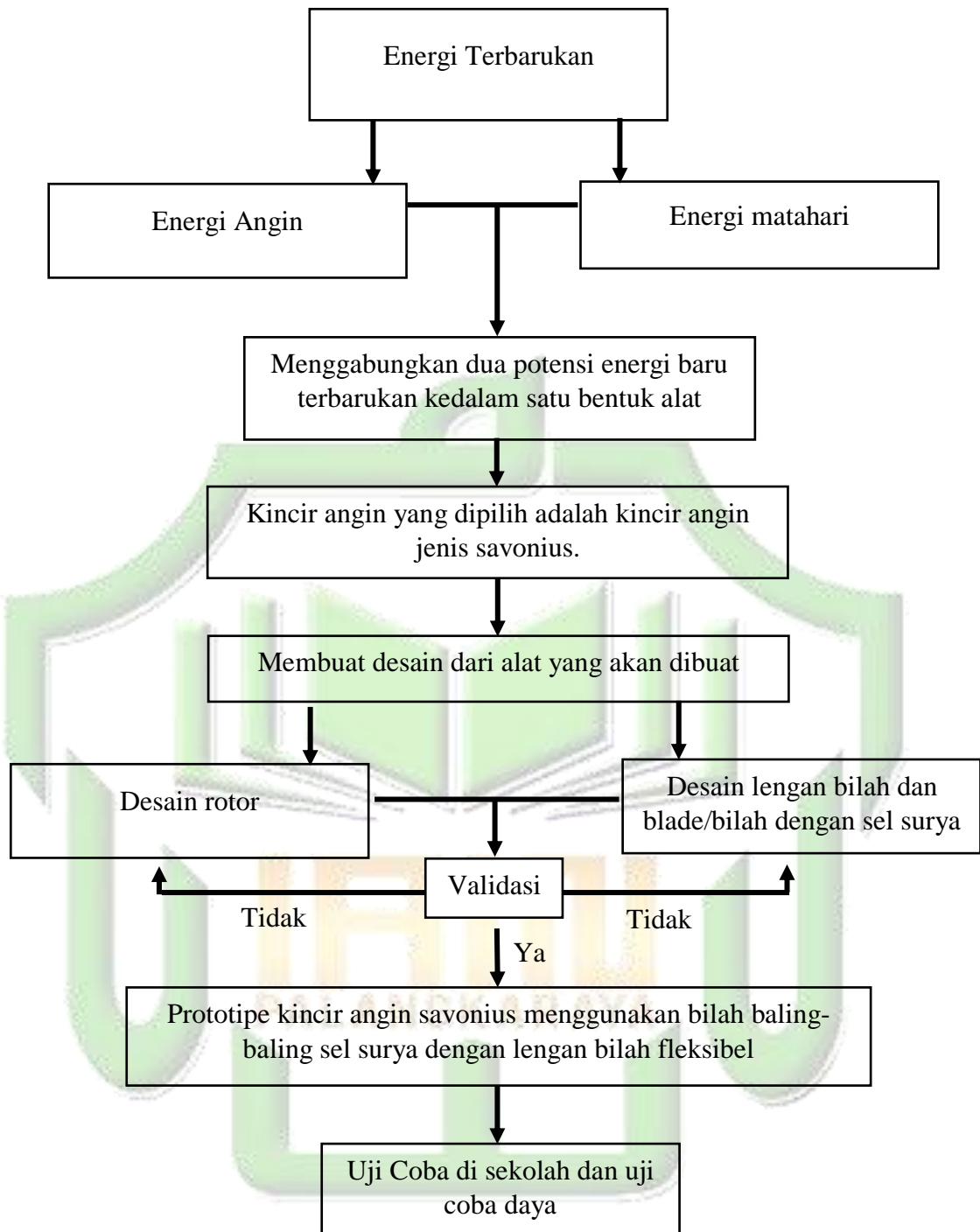
Saran untuk penelitian sebelumnya agar dapat memodifikasi jumlah sudut dari *pitch*. Dalam penelitian sudut yang digunakan hanya ada empat sehingga masih perlunya variasi sudut yang lain misalnya sudut 25^0 ataupun 45^0 .

C. Kerangka Berpikir

Angin merupakan energi terbarukan yang jumlahnya sangat berlimpah di bumi. Diketahui bahwa Kalimantan Tengah memiliki potensi angin yang rendah yaitu dengan rata-rata 2,17 m/s. Akan tetapi Kalimantan Tengah memiliki sumber energi matahari yang melimpah. Berdasarkan hal tersebut

penulis berkeinginan menggabungkan dua energi terbarukan tersebut kedalam sebuah alat yang memanfaatkan dua sumber energi terbarukan tersebut. Penulis berkeinginan membuat sebuah rancang bangun kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel. Kincir angin savonius dipilih karena dapat bekerja pada kecepatan angin yang rendah maupun angin yang tinggi serta tidak dipengaruhi arah datangnya angin. Kincir savonius juga dapat dikombinasikan dengan sel surya, sehingga akan menghasilkan daya keluar yang lebih maksimum.

Upaya dalam menghasilkan daya listrik yang maksimal diperlukannya desain kincir yang mampu bekerja dalam kecepatan angin yang rendah, setelah menentukan desain kincir yang cocok, variasikan lengan bilah dari kincir tersebut dan menambahkan sel surya pada bilah-bilah dari kincir tersebut. Kemudian membuat desain di bagian rotor atas dan bawah untuk dijadikan kutub positif dan kutub negatif sebagai daya keluaran dari sel surya. Intensitas dan permukaan sel surya mempengaruhi daya keluaran dari sel surya.



Gambar 2. 8 Kerangka Berfikir

BAB III

METODE PENELITIAN

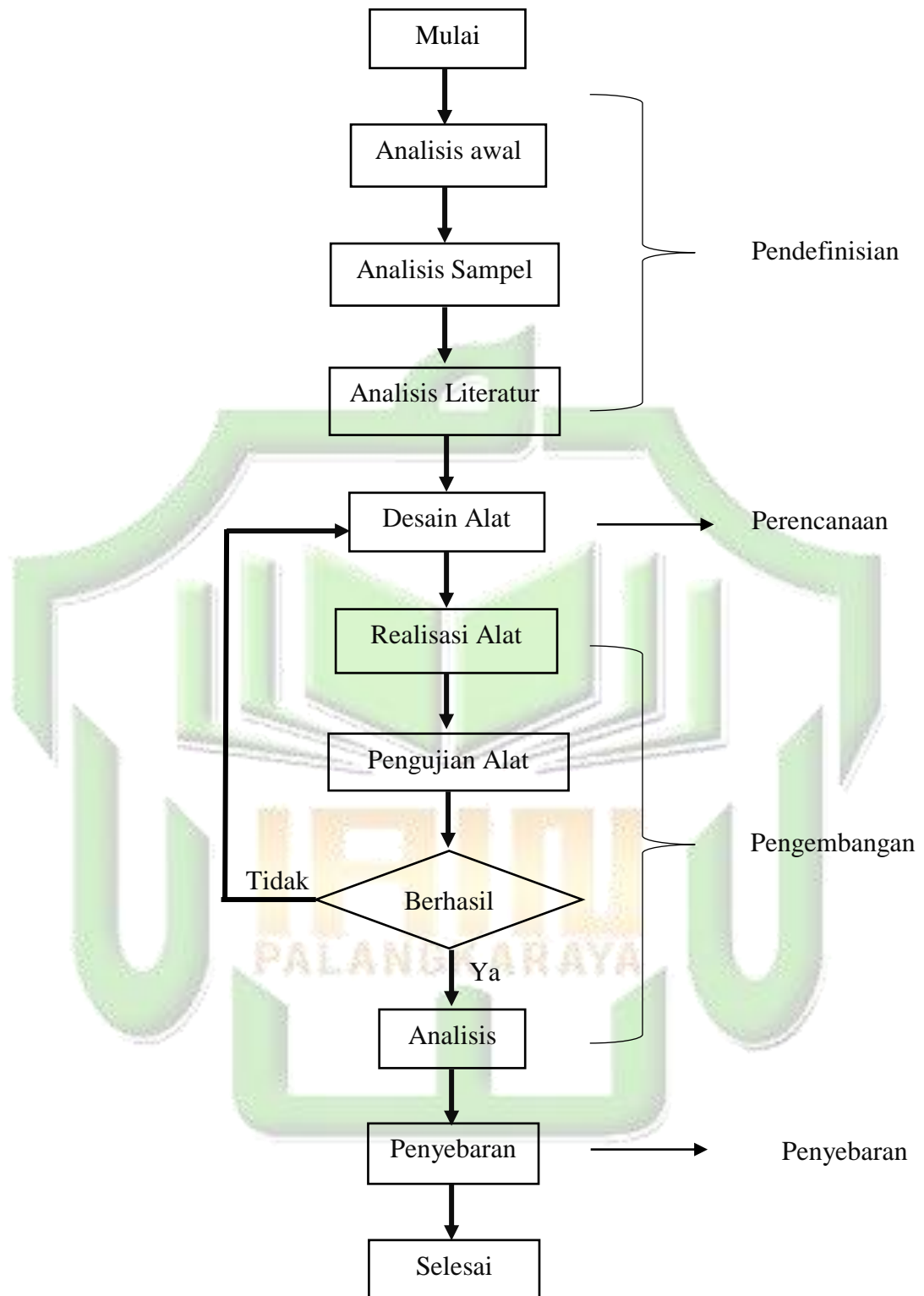
A. Desain Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Research and Development*. Metode *Research and Development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk yang dibuat (Sugiyono, 2016: 297).

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 4-D. Model 4-D (*Four D*) dikembangkan oleh S. Thiagarajan, Dorothy S. Semmel dan Melvyn I. Semmel. Model pengembangan 4-D terdiri atas 4 tahap utama, yaitu : *Define* (pendefinisian), *Design* (Perancangan), *Develop* (Pengembangan), dan *Disseminate* (Penyebaran) (Thiagarajan, 1974: 5).

Penerapan langkah utama dalam penelitian tidak hanya menurut versi asli, tetapi disesuaikan dengan karakteristik subjek. Model akan mengikuti dan menyesuaikan dengan kebutuhan pengembangan di lapangan. Metode dan model ini dipilih karena bertujuan untuk menghasilkan produk berupa kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel Tahap pengembangan 4-D dijelaskan pada gambar 3.1

:



Gambar 3. 1 Tahap Pengembangan 4-D

B. Prosedur Penelitian

Berdasarkan langkah-langkah pengembangan model 4-D maka prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahap ini berguna untuk menentukan dan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan dalam proses pengumpulan berbagai informasi yang berkaitan dengan produk yang dikembangkan. Tahap ini dibagi menjadi beberapa langkah, yaitu:

a. Analisis Awal

Analisis awal dilakukan di Laboratorium Fisika dengan menganalisis prototipe kincir angin terdahulu. Faktor yang dianalisis pada tahap ini yaitu mengetahui bagaimana karakteristik putaran kincir angin ketika digunakan. Karakteristik putaran kincir bertujuan untuk mengetahui permasalahan dasar dalam pembuatan rancang bangun kincir angin savonius bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel. Tahap ini dimunculkan fakta-fakta dan alternatif penyelesaian sehingga memudahkan untuk menentukan langkah awal dalam perancangan bangun kincir angin savonius bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel yang sesuai untuk dikembangkan.

b. Analisis Sampel

Analisis sampel digunakan dengan menganalisis rancang penelitian terdahulu. Analisis sampel meliputi daya listrik, pengaruh kelengkungan sudu, pengaruh tingkatan sudu dan putaran dari kincir angin yang telah dibuat.

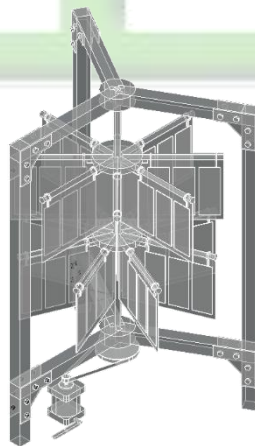
c. Analisis Literatur

Literatur yang dianalisis yaitu terkait dengan kincir angin savonius yang dikembangkan. Literatur berkaitan dengan produk yang akan dikembangkan yaitu kincir savonius dari referensi jurnal penelitian dan buku-buku penelitian yang sesuai. Terdapat beberapa literatur jurnal yang telah dianalisis. Literatur jurnal yang telah dianalisis meliputi rancang bangun kincir angin pembangkit tenaga listrik sumbu vertikal savonius portabel menggunakan generator magnet permanen (Nahoda dan Saleh, 2015), rancang bangun generator magnet permanen untuk pembangkit tenaga listrik skala kecil menggunakan kincir angin savonius portabel (Nahoda dan Saleh, 2016). Selain itu terdapat hasil penelitian lain terkait pengaruh sudu (Untung dan Mashemi, 2016; Kastiawan, Gofur, 2017; Canra dan Suliono, 2019) unjuk kerja kincir savonius (Rines, 2016; Prasetiojati, 2019), karakteristik kincir angin savonius (Triakurniawan, 2017) dan bahkan Rancang bangun kincir hibrid (Wardhana, 2017).

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap perancangan ini peneliti mulai membuat kincir angin yang akan dikembangkan sesuai analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Tahap perancangan kegiatan yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

- a. Pemilihan produk, dari hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya maka produk yang dipilih adalah pengembangan prototipe kincir savonius bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel.
- b. Pemilihan rancangan, yaitu mendesain pemilihan produk yang dikembangkan berdasarkan analisis kebutuhan yang telah dilakukan sebelumnya.
- c. Rancangan awal berupa desain gambar rancang bangun kincir angin savonius lengan bilah sel surya dengan bilah fleksibel sebagai rancangan produk yang akan dikembangkan. Pembuatan kincir angin menggunakan rotor dengan menambahkan kutub di bagian bawah dari rotor kincir angin sebagai keluaran daya dari sel surya pada

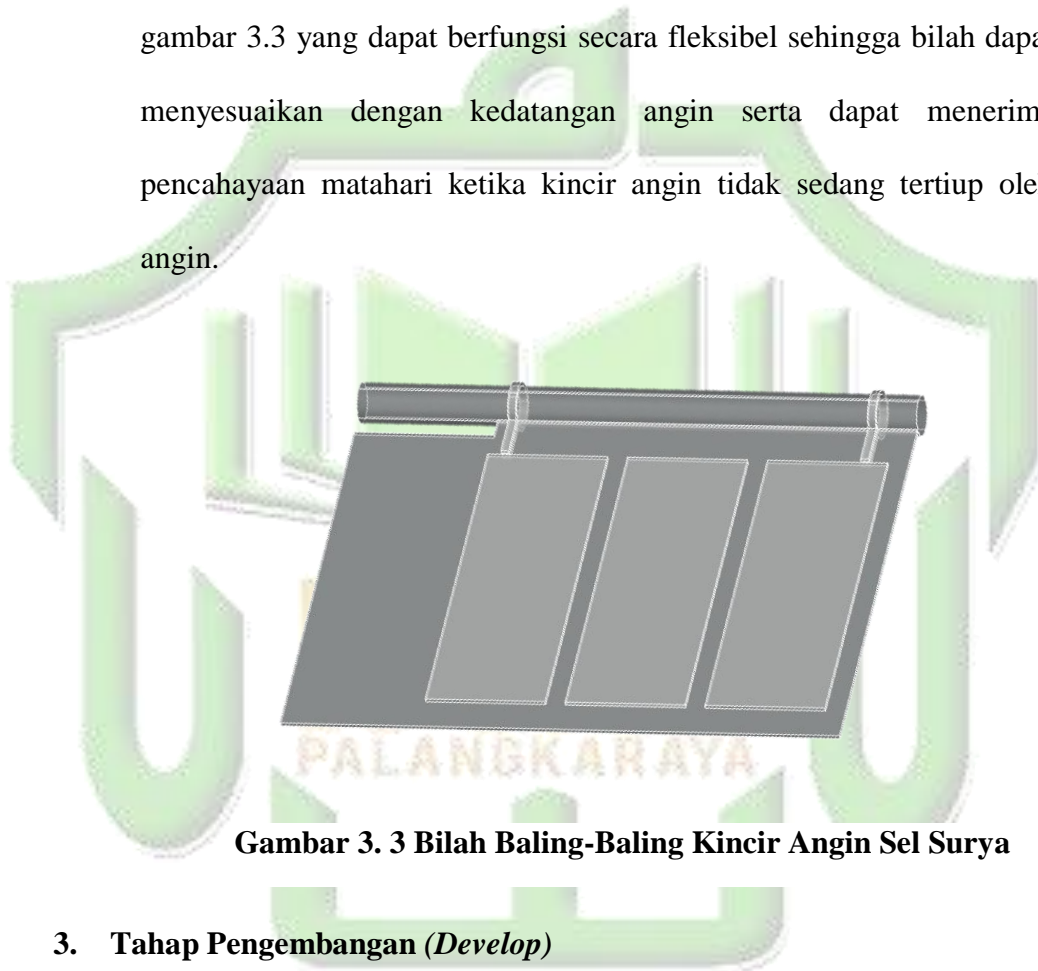


Gambar 3. 2 Rancangan Prototipe Kincir Angin Savonius

bilah kincir angin.

Gambar 3.2 merupakan desain dari kincir angin. Bagian-bagian kincir angin dari kincir yang akan di buat. Kemudian dilanjutkan dengan mendesain bilah dengan baling-baling sel surya.

Pembuatan bilah baling-baling sel surya didesain seperti pada gambar 3.3 yang dapat berfungsi secara fleksibel sehingga bilah dapat menyesuaikan dengan kedatangan angin serta dapat menerima pencahayaan matahari ketika kincir angin tidak sedang tertiuip oleh angin.



Gambar 3. 3 Bilah Baling-Baling Kincir Angin Sel Surya

3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan produk kincir angin savonius baling-baling sel surya dengan lengan fleksibel yang telah direvisi berdasarkan masukan para ahli. Terdapat tiga langkah dalam tahapan ini, yaitu sebagai berikut:

a. Melakukan validasi

Tahap-tahapan yang dilakukan dalam melakukan validasi adalah sebagai berikut.

1) Validasi Desain

Validasi desain adalah kegiatan untuk menilai apakah rancangan produk dalam hal ini yaitu sebuah prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel dapat digunakan atau tidak (Sugiono, 2012: 414). Validasi desain dapat dilakukan dengan menghadirkan beberapa pakar atau tenaga ahli yang sudah berpengalaman untuk menilai kelayakan desain yang telah dirancang tersebut. Jumlah validator atau ahli dalam melakukan validasi yaitu berjumlah 2 ahli. Validator atau ahli akan melakukan validasi pada lembar validasi yang telah disediakan oleh peneliti dengan masing-masing indikator yaitu berupa tampilan umum berjumlah 6 butir penilaian, tampilan khusus berjumlah 3 butir penilaian dan penyajian media berjumlah 4 butir penilaian. Selanjutnya validator atau ahli memberikan tanda ceklis (√) pada kolom skor dengan skala penilaian 5 = sangat baik, 4 = baik, 3 = cukup baik, 2 = kurang baik dan 1 = tidak baik.

2) Validasi Produk

Validasi produk adalah kegiatan untuk menilai apakah pengembangan produk dalam hal ini yaitu sebuah prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel layak atau tidak (Sugiono, 2012: 414). Validasi produk dapat dilakukan dengan menghadirkan beberapa pakar atau tenaga ahli yang sudah berpengalaman untuk menilai kelayakan dari produk yang telah dikembangkan tersebut. Jumlah validator atau ahli dalam melakukan validasi yaitu berjumlah 2 ahli. Validator atau ahli akan melakukan validasi pada lembar validasi yang telah disediakan oleh peneliti dengan masing-masing indikator yaitu berupa desain prototipe berjumlah 3 butir penilaian, pemilihan bahan berjumlah 4 butir penilaian, ketahanan prototipe berjumlah 3 butir penilaian, penggunaan prototipe berjumlah 5 butir penilaian dan perawatan prototipe berjumlah 2 butir penilaian. Selanjutnya validator atau ahli memberikan tanda ceklis (✓) pada kolom skor dengan skala penilaian 5 = sangat baik, 4 = baik, 3 = cukup baik, 2 = kurang baik dan 1 = tidak baik.

b. Realisasi alat

Rancangan produk yang telah direvisi berdasarkan masukan ahli dan uji coba skala terbatas kemudian mulai direalisasikan sehingga terbentuk prototipe kincir angin bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel.

c. Pengujian

Produk yang telah terealisasi maka produk siap diuji coba dengan skala terbatas di Laboratorium Fisika IAIN Palangka Raya. Tahap pengujian dilakukan pada saat siang hari yaitu pada pukul 10.00 WIB – 13.00 WIB. Hasil uji coba produk jika berhasil maka akan ke tahap berikutnya yaitu tahap analisis, jika tidak berhasil kembali ke tahap desain alat.

d. Analisis

Tahap ini untuk menganalisis daya keluar dari generator yang diputar menggunakan kincir dan mengetahui tegangan keluar dari sel surya. Menganalisis daya yang dikeluarkan generator menggunakan persamaan yang ada.

4. Tahap Penyebaran (*Diseminate*)

Setelah uji coba terbatas, analisis dan revisi tahap selanjutnya adalah tahap penyebaran. Tujuan dari tahap ini adalah menyebarkan dan mempromosikan produk akhir secara terbatas kepada laboratorium fisika di IAIN Palangka Raya. Sehingga pada tahap penyebaran ini, prototipe yang telah dibuat dapat dijadikan sebagai acuan penelitian ke depannya serta dapat diterapkan sebagai media pembelajaran di sekolah.

C. Sumber Data dan Objek Penelitian

1. Sumber Data

Subjek dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Ahli Desain

Ahli desain yaitu dosen IAIN Palangka Raya yang berkompeten di bidang desain rancangan yang nantinya memberikan penilaian baik berupa tanggapan maupun saran atas desain produk atau bisa dijadikan patokan dalam pelaksanaan kegiatan penyempurnaan produk.

b. Ahli Produk

Ahli produk yaitu dosen IAIN Palangka Raya yang berkompeten di bidang kelayakan rancangan yang nantinya memberikan penilaian baik berupa tanggapan maupun saran atas desain produk atau bisa dijadikan patokan dalam pelaksanaan kegiatan penyempurnaan produk.

c. Tanggapan Guru

Guru yang menjadi penanggap adalah guru mata pelajaran fisika di sekolah. Dimana guru selain menjadi penanggap guru sekaligus menjadi ahli media yang bertugas sebagai validator media pembelajaran pengembangan prototipe kincir angin savonius menggunakan lengan bilah fleksibel tersebut dilakukan terlebih dahulu oleh guru SMAN 1 Palangka Raya.

d. Respons Peserta Didik

Peserta didik yang menjadi sasaran uji coba produk pengembangan ini adalah peserta didik di SMAN 1 Palangka Raya yaitu pada peserta didik yang mengikuti ekstrakurikuler fisika. Uji coba yang dilakukan hanya uji coba kelompok kecil, yang terdiri dari 9 orang sebagai subjek penelitian, karena peserta didik *Study From Home* (SFH).

e. Lembar Observasi

Lembar Observasi adalah lembar yang digunakan untuk memperoleh pengukuran dan pengamatan daya listrik dari prototipe kincir angin savonius menggunakan baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel. Adapun yang terdapat pada lembar observasi yaitu meliputi kecepatan angin, intensitas cahaya matahari, RPM tegangan dan arus.

2. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel.

D. Uji Produk

Uji coba produk penting dilakukan untuk mengetahui dari produk yang dihasilkan dalam penelitian. Uji produk dilakukan setelah prototipe kincir savonius dengan bilah sel surya dengan lengan bilah fleksibel terealisasi. Uji coba produk dalam penelitian ini menggunakan uji coba skala

kecil. Lokasi uji coba produk dalam penelitian ini dilakukan di laboratorium fisika lanjut Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Palangka Raya. Kemudian dilanjutkan dengan Uji produk untuk mengetahui tanggapan guru dan peserta didik di sekolah.

E. Teknik Analisis Data

Setelah semua kegiatan yang dilakukan selesai, maka selanjutnya proses menganalisis data. Analisis data merupakan kegiatan setelah data dari seluruh responden atau sumber data lain terkumpul. Kegiatan dalam analisis data adalah mengelompokkan data berdasarkan variabel dan jenis responden menyajikan data tiap variabel yang diteliti. Teknik analisis data yang digunakan yaitu kuantitatif deskriptif.

1. Analisis lembar validasi

Penskoran produk menggunakan skala *likert* dengan skor 5 = sangat baik atau sangat sesuai, 4 = baik atau sesuai, 3 = cukup, 2 = kurang baik atau kurang sesuai, 1 = sangat tidak baik atau tidak sesuai. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui kelayakan dari prototipe kincir angin savonius menggunakan baling-baling sel surya dengan lengan belah fleksibel dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Menghitung skor rata-rata dari setiap aspek yang diberikan skor dengan persamaan

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

dengan:

\bar{X} = skor rata-rata peskoran oleh ahli

ΣX = jumlah skor yang diperoleh ahli

N = jumlah skor total

- b. Mengubah skor rata-rata yang diperoleh menjadi data kualitatif

Kategori kualitatif dapat ditentukan dengan mencari interval jarak jenjang kategori sangat baik (SB) hingga sangat kurang (SK) (Widoyoko, 2012). Berdasarkan kategori tersebut dapat ditentukan menggunakan persamaan.

$$\text{jarak interval } (i) = \frac{\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah}}{\text{jumlah interval}}$$

$$\text{jarak interval } (i) = \frac{5 - 1}{5}$$

$$\text{jarak interval } (i) = 0,8$$

Maka diperoleh kategori penskoran prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel sebagaimana di tampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 3.1 Interval

Skor rata-rata	Kategori
$4.20 < \bar{X} \leq 5.00$	Sangat baik atau sangat sesuai
$3.40 < \bar{X} \leq 4.20$	Baik atau sesuai
$2.60 < \bar{X} \leq 3.40$	Cukup
$1.80 < \bar{X} \leq 2.60$	Kurang baik atau kurang sesuai
$1.00 < \bar{X} \leq 1,80$	Sangat tidak baik atau sangat tidak sesuai

(Widoyoko, 2012)

- c. Menghitung persentase kelayakan dengan persamaan (Sunarto, 2015)

$$\text{persentase kelayakan} = \frac{\text{skor hasil penelitian}}{\text{skor maksimal ideal}} \times 100\%$$

Kriteria prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 3.2 Kriteria Validasi

No	Kriteria	Tingkat Validitas
1	85,01% - 100,00%	Sangat valid, dapat dipergunakan tanpa revisi
2	70,01% - 85,00%	Bak atau valid, dapat digunakan dengan revisi kecil
3	55,01% - 70,00%	Cukup valid, dapat digunakan namun dengan revisi kecil
4	40,01% - 55,00%	Kurang valid, disarankan tidak dipergunakan karena revisi terlalu besar
5	01,00% - 40,00%	Tidak valid, tidak boleh dipergunakan

(Sunarto, 2015)

Jika analisis data peskoran tim ahli yang terdiri dari ahli desain, ahli kelayakan dan ahli media didapatkan hasil dengan kategori sangat baik dan baik maka prototipe kincir angin savonius dapat digunakan. Apabila belum memenuhi kualitas sangat baik atau baik maka prototipe kincir angin savonius perlu direvisi lagi.

2. Analisis Daya

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan mengetahui daya keluaran dari generator menggunakan persamaan

$$P = V \times I$$

dengan:

P = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

3. Analisis Angket

Menganalisis data dari angket ketertarikan guru dan peserta didik dilakukan langkah-langkah sebagai berikut

- a. Mengkonversi nilai yang diperoleh dari responden ke dalam bentuk kuantitatif.
- b. Menghitung skor rata-rata dari setiap aspek yang diskor dengan persamaan

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

dengan:

\bar{X} = skor rata-rata peskoran oleh ahli

$\sum X$ = jumlah skor yang diperoleh ahli

N = jumlah skor total

- c. Mengubah skor rata-rata yang diperoleh menjadi data kualitatif

Kategori kualitatif dapat ditentukan dengan mencari interval jarak jenjang kategori sangat baik (SB) hingga sangat kurang (SK) (Widoyoko, 2012). Berdasarkan kategori tersebut dapat ditentukan menggunakan persamaan.

$$\text{jarak interval } (i) = \frac{\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah}}{\text{jumlah interval}}$$

$$\text{jarak interval } (i) = \frac{5 - 1}{5}$$

$$\text{jarak interval } (i) = 0,8$$

Maka diperoleh kategori penskoran prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 3.3 Interval

Skor rata-rata	Kategori
$4.20 < \bar{X} \leq 5.00$	Sangat baik atau sangat sesuai
$3.40 < \bar{X} \leq 4.20$	Baik atau sesuai
$2.60 < \bar{X} \leq 3.40$	Cukup
$1.80 < \bar{X} \leq 2.60$	Kurang baik atau kurang sesuai
$1.00 < \bar{X} \leq 1,80$	Sangat tidak baik atau sangat tidak sesuai

- d. Menghitung persentase kelayakan dengan persamaan (Sunarto, 2015)

$$\text{persentase kelayakan} = \frac{\text{skor hasil penelitian}}{\text{skor maksimal ideal}} \times 100\%$$

Kriteria prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel ditampilkan dalam tabel berikut

Tabel 3.4 Kriteria Validasi

No	Kriteria	Tingkat Validitas
1	85,01% - 100,00%	Sangat Baik
2	70,01% - 85,00%	Baik
3	55,01% - 70,00%	Cukup Baik
4	40,01% - 55,00%	Kurang Baik
5	01,00% - 40,00%	Tidak Baik

(Sunarto, 2015)

F. Alat dan Bahan

Pembuatan dan pengujian kincir angin memerlukan beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang kegiatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan kincir angin pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Alat yang digunakan

No.	Nama Alat	Jumlah
1	Bor Listrik	1 buah
2	Gerinda Listrik	1 buah
3	Tang	1 buah
4	Palu	1 buah
5	Obeng	1 buah
6	Tool set	1 set
7	Mistar Baja	1 buah
8	Las Listrik	1 unit
9	Kipas Angin Besar	2 buah

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan kincir dapat dilihat pada tabel 3.6 :

Tabel 3.6 Bahan yang digunakan

No.	Nama Bahan	Jumlah
1	Sel surya ukuran 1 x 10 cm	100 buah
2	Seng	Secukupnya
3	Besi kotak 2cm	Secukupnya
4	Besi bulat	Secukupnya
5	Baut dan mur	Secukupnya
6	Besi siku	Secukupnya
7	Alumunium siku	Secukupnya
8	<i>Bearing</i>	2 buah
9	Pipa PVC	Secukupnya
10	Sambungan pipa	Secukupnya

3. Alat Pengambilan Data

Alat yang digunakan dalam pengambilan data kincir angin pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.7 :

Tabel 3.7 Alat yang digunakan dalam pengukuran

No.	Nama Alat	Jumlah
1	Anemometer	1 buah
2	Tachometer	1 buah
3	Multimeter	4 buah
4	Lux meter	1 set

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

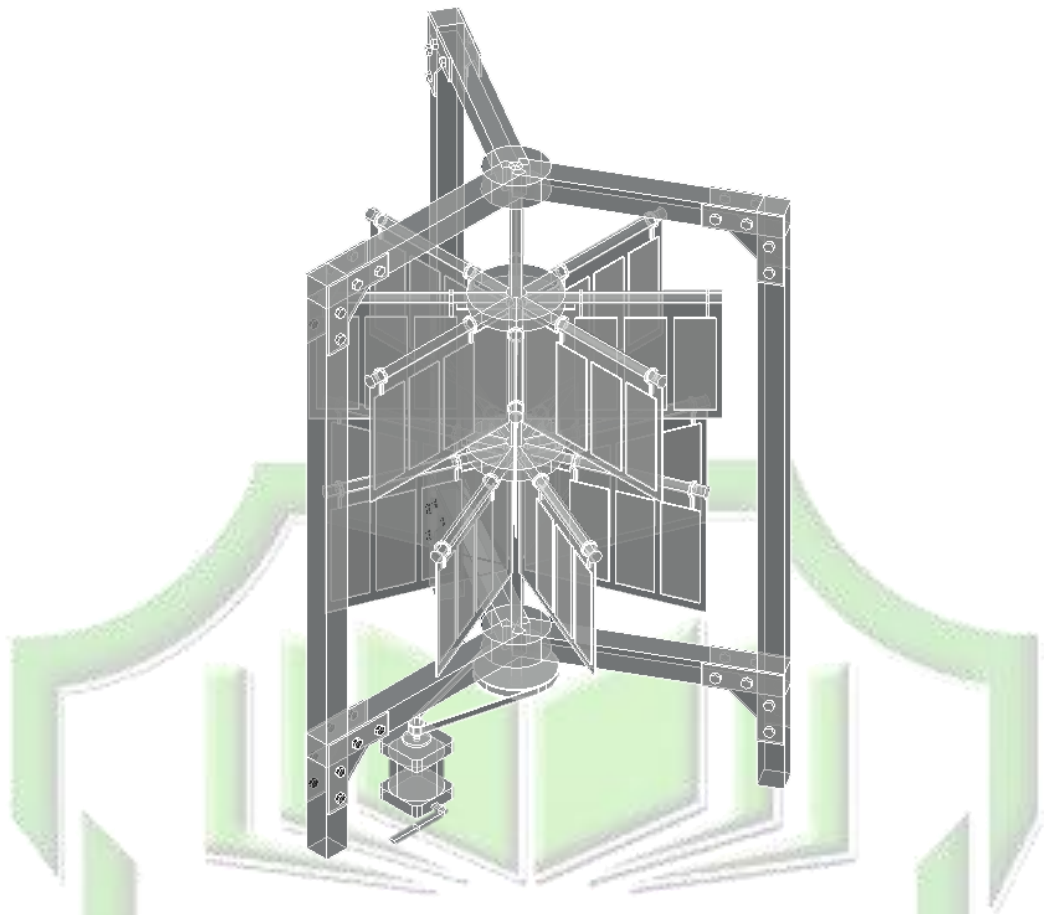
1. Desain Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling-baling Sel Surya dengan lengan Bilah Fleksibel

Tahap desain prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel diawali dengan perancangan arsitektural, perealisasiian prototipe kincir angin savonius dan pengujian prototipe kincir angin savonius.

Pertama yang dilakukan untuk membuat sebuah desain dari prototipe kincir angin savonius.

a. Tahap Desain Arsitektual

Tahap desain arsitektual adalah tahap berupa desain gambar prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel sebagai rancangan produk yang akan dikembangkan. Desain pembuatan kincir angin menggunakan desain kincir angin jenis kincir angin savonius.

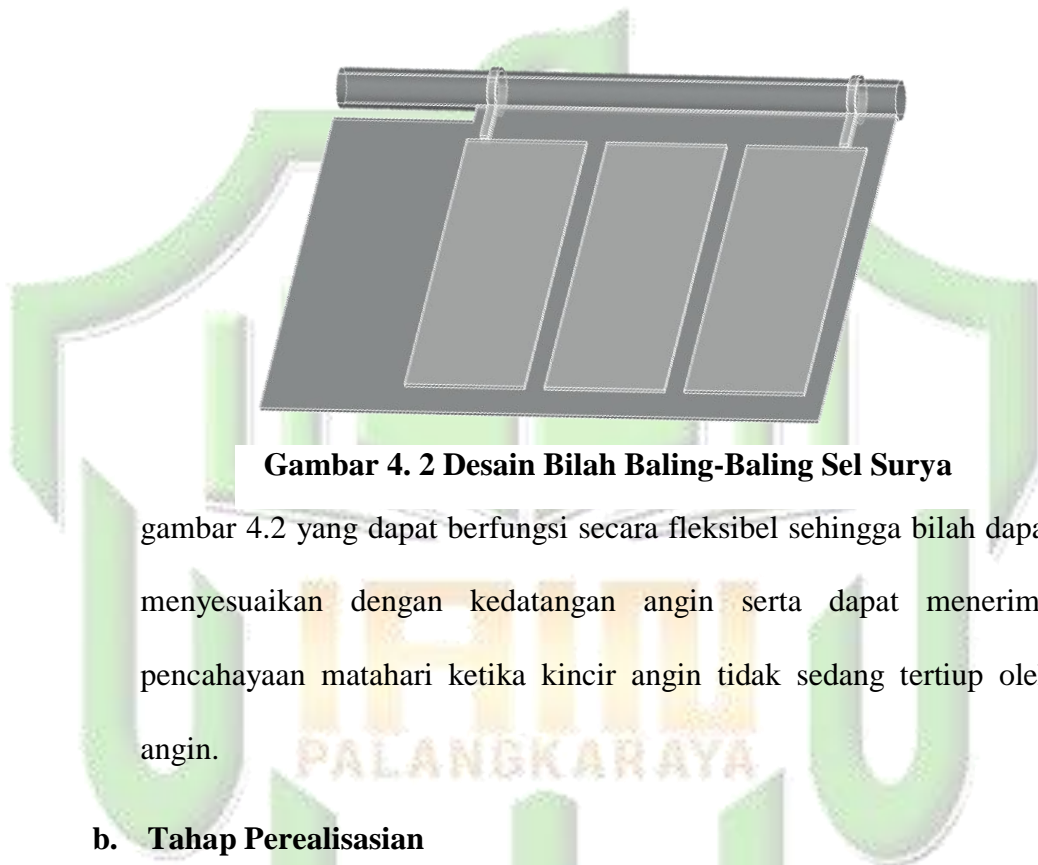


Gambar 4. 1 Desain Kincir Angin Savonius Menggunakan Baling-Baling Sel Surya Dengan Lengan Bilah Fleksibel

PALANGKARAYA

Gambar 4.1 adalah desain dari bentuk kincir savonius. Kemudian dilanjutkan melakukan desain bilah dengan baling-baling sel surya.

Pembuatan bilah baling-baling sel surya didesain seperti pada



Gambar 4. 2 Desain Bilah Baling-Baling Sel Surya

gambar 4.2 yang dapat berfungsi secara fleksibel sehingga bilah dapat menyesuaikan dengan kedatangan angin serta dapat menerima pencahayaan matahari ketika kincir angin tidak sedang tertiuip oleh angin.

b. Tahap Perealisan

Tahap perealisan dibagi menjadi 3 (tiga) tahapan yaitu tahap perealisan rangka, rotor dan bilah baling-baling sel surya dari desain yang telah dibuat.

1) Tahap Perealisan Rangka

Tahap perealisan rangka dimulai dengan memilih bahan yang akan digunakan. Bahan yang digunakan yaitu besi kotak



Gambar 4. 3 Besi Rangka Tiang Kincir

dengan ukuran 2 cm. Kemudian memotong besi dengan panjang 80 cm sebanyak 3 buah untuk di jadikan tiang penyangga ditunjukkan pada gambar 4.3.

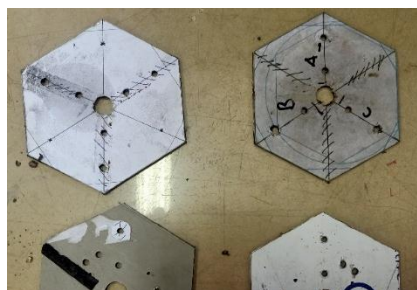
Kemudian memotong dengan panjang 20 cm sebanyak 6



Gambar 4. 4 Besi Rangka Penyangga Kincir

buah sebagai penyangga atas dan bawah ditunjukkan pada gambar 4.4.

Langkah berikutnya yaitu memotong sebuah panel *aluminium composit* dengan bentuk persegi enam yang digunakan sebagai tempat meletakkan *beiring* dan rangka penyangga sebanyak 4 buah ditunjukkan pada gambar 4.5



Gambar 4. 5 Aluminium Composit Segi Enam Sebagai Tempat Meletakkan Beiring dan Rangka Penyangga

Berikutnya memotong panel *aluminium composit* berbentuk seperti huruf L sebanyak 12 buah untuk menggabungkan tiang penyangga utama dengan penyangga atas dan bawah ditunjukkan



Gambar 4. 6 Aluminium Composit Bentuk L

pada gambar 4.6

Berikutnya adalah menggabungkan antara tiang penyangga dan rangka penyangga menggunakan *aluminium composit* bentuk L. Ditunjukkan pada gambar 4.7

Tahap terakhir dalam pembuatan rangka yaitu menggabungkan semua komponen bahan menjadi sebuah rangka



Gambar 4. 8 Rangka Prototipe Kincir Angin Savonius

utuh dari desain yang telah di buat ditunjukkan pada gambar 4.8

2) Tahap Perealisasian Bilah Baling-Baling Sel Surya

Tahap perealisasian bilah dimulai dengan menggabungkan sel surya secara seri dengan menggunakan *tabing wire* atau kawat instalasi sel surya dengan bantuan solder ditunjukkan pada gambar



Gambar 4. 9 Penggabungan Sel Surya Menjadi Modul Surya

4.9

Kemudian dilanjutkan dengan membuat bilah baling-baling dengan menggunakan bahan seng cetakan koran dengan ukuran 11 cm x 17 cm dengan 3 cm bagian ujung dibuat seperti sebuah



Gambar 4. 10 Bilah Baling-Baling

lekukan ditunjukkan pada gambar 4.10.

Selanjutnya menggabungkan antara sel surya dengan bilah baling-baling menjadi satu kesatuan ditunjukkan pada gambar 4.11.

3) Tahap Perealisasian Rotor

Tahap berikutnya yaitu perealisasian rotor. Bahan yang digunakan untuk rotor adalah *Stainless Steel* dengan panjang 70 cm

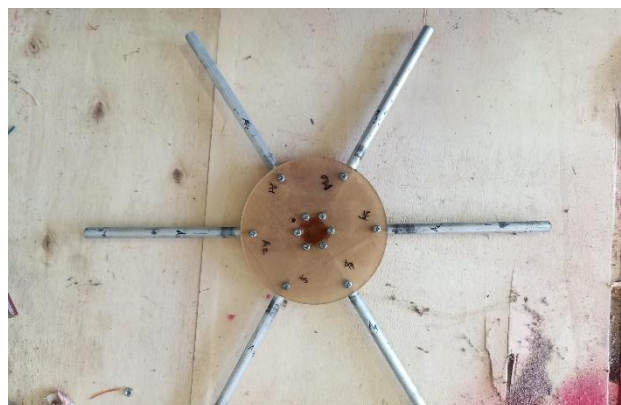


Gambar 4. 11 Penggabungan Sel Surya Dengan Bilah Baling-Baling

Gambar 4. 12 Rotor Kincir Angin *Stainless Steel*

dengan diameter 0,8 cm di tunjukkan pada gambar 4.12

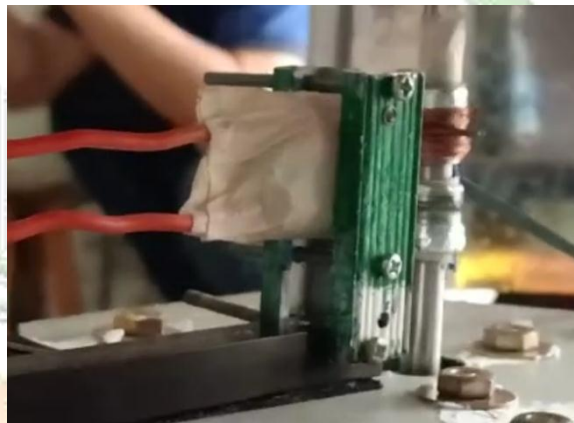
Langkah berikutnya yaitu membuat lengan bilah dengan



Gambar 4. 13 Lengan Bilah

menggunakan bahan pipa alumunium berdiameter 0,8 cm dengan panjang 15 cm yang digabungkan antara lengan bilahnya menggunakan sebuah akrilik yang dipotong melingkar dengan diameter 10 cm ditunjukkan pada gambar 4.13.

Selanjutnya yaitu pembuatan kutub *output* pada rotor yang menggunakan bahan selang dengan diameter 0,8 cm sebanyak 2 buah dengan masing-masing tinggi 1 cm sebagai *output* dari sel



Gambar 4. 14 Kutub Output Sel Surya

surya ditunjukkan pada gambar 4.14

Berikutnya yaitu penggabungan antara lengan bilah, rotor



Gambar 4. 16 Prototipe Kincir Angin Savonius



Gambar 4. 15 Lengan Bilah, Rotor Dan Bilah Baling-Baling Sel Surya.

dan bilah baling-baling sel surya ditunjukkan pada gambar 4.15. Selanjutnya gambar 4.16 menunjukkan perrealisasian alat telah selesai, kemudian di gabungkan menjadi satu-kesatuan yaitu berupa prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel.

2. Validasi Ahli

a. Validasi Kelayakan Desain

Validator ahli desain dilakukan oleh Suhartono, M.Pd.,Si sebagai validator ahli desain pertama dan Nadia Azizah, M.Pfis sebagai validator ahli desain kedua. Validator adalah seorang dosen Program Studi Tadris Fisika di IAIN Palangka Raya. Validasi ini dilakukan untuk menguji kelayakan desain dari prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel. Validasi ini juga dilakukan untuk mendapatkan informasi dan saran yang akan digunakan untuk memperbaiki juga meningkatkan kualitas desain dari prototipe. Hasil validasi diperoleh dengan cara penilaian melalui lembar validasi berupa angket. Hasil penilaian ahli pertama dan kedua pada aspek indikator tampilan umum terdapat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Penilaian Ahli Pertama dan Kedua Pada Indikator Tampilan Umum

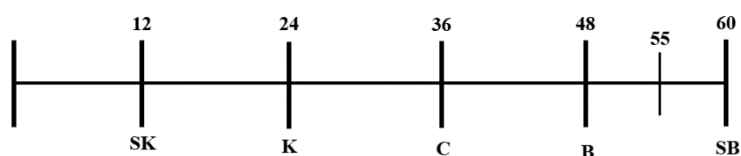
Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Tampilan Umum	Desain media sesuai dengan materi	4	5	9
	Desain media sesuai dengan konsep kincir angin sumbu vertikal	5	5	10
	Pengemasan media sesuai konsep kincir angin sumbu vertikal dengan jenis savonius serta mengintegrasikan dengan energi matahari	4	5	9
	Desain media menarik	4	5	9
	Desain media menyajikan contoh nyata dari media yang dibuat	4	5	9

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
	Desain media menyajikan pemanfaatan dua sumber energi kedalam satu jenis alat yaitu sumber energi matahari dan sumber energi angin)	4	5	9
Jumlah skor indikator (Σx)				55
Rata-rata skor				4,6
Persentase (%)				92%
Kategori				SANGAT BAIK
Kriteria				SANGAT LAYAK

Berdasarkan tabel 4.1 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator tampilan umum diperoleh data rata-rata skor sebesar 4,6 dengan persentase 92%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{55}{60} \times 100\% = 92\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator tampilan umum dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria sangat baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 3.2, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui bahwa dikategorikan sangat layak. Secara keseluruhan,



interval hasil penilaian pada gambar 4.17

Tabel 4.2 Penilaian Ahli Pertama dan Kedua Pada Indikator Tampilan Khusus

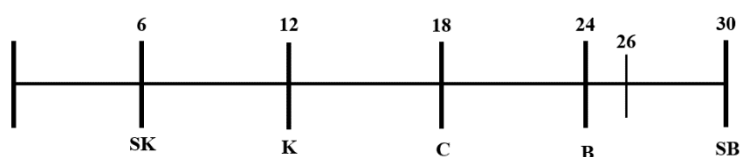
Gambar 4. 17 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Desain Pada Indikator Tampilan Umum

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Tampilan Khusus	Pemilihan jenis kincir angin yang sesuai dengan kincir angin sumbu vertikal	4	5	9
	Peletakan sel surya pada bilah yang sesuai	4	4	8
	Memuat integrasi konsep energi angin dan energi matahari	4	5	9
Jumlah skor indikator (Σx)				26
Rata-rata skor				4,3
Persentase (%)				87%
Kategori				SANGAT BAIK
Kriteria				SANGAT LAYAK

Berdasarkan tabel 4.2 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator tampilan khusus diperoleh data rata-rata skor sebesar 4,3 dengan persentase 87%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{26}{30} \times 100\% = 87\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator tampilan khusus dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria sangat baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 3.2, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 4.2 dapat diketahui bahwa dikategorikan sangat layak. Secara keseluruhan,



Gambar 4.18 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Desain Pada Indikator Tampilan Khusus

interval hasil penilaian pada gambar 4.18

Tabel 4.3 Penilaian Ahli Pertama dan Kedua Pada Indikator Penyajian Media

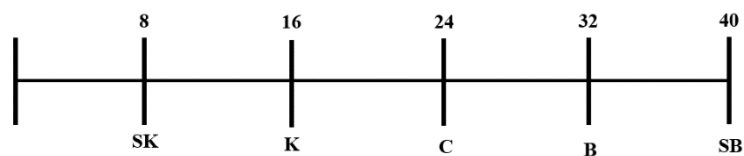
Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Penyajian Media	Mudah dibawa/dipindahkan	4	4	8
	Terdapat judul/keterangan pada media	3	4	7
	Terdapat cara penggunaan/perawatan pada media	3	5	8
	Penyajian media diharapkan ke depannya mampu mengembangkan minat belajar peserta didik	4	5	9
Jumlah skor indikator (Σx)				32

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
	Rata-rata skor			4
	Persentase (%)			80%
	Kategori			BAIK
	Kriteria			LAYAK

Berdasarkan tabel 4.3 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator penyajian media diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4 dengan persentase 80%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{32}{40} \times 100\% = 80\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui



Gambar 4. 19 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Desain Pada Indikator Penyajian Media

bahwa indikator penyajian media dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria sangat baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 3.2, untuk kelayakan produk berdasarkan 4.3 dapat diketahui bahwa dikategorikan sangat layak. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.19.

Tabel 4.4 Hasil Keseluruhan Penilaian Ahli Pertama dan Kedua Pada Desain

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Tampilan Umum	Desain media sesuai dengan materi	4	5	9
	Desain media sesuai dengan konsep kincir angin sumbu vertikal	5	5	10
	Pengemasan media sesuai konsep kincir angin sumbu vertikal dengan jenis savonius serta mengintegrasikan dengan energi matahari	4	5	9
	Desain media menarik	4	5	9
	Desain media menyajikan contoh nyata dari media yang dibuat	4	5	9
	Desain media menyajikan pemanfaatan dua sumber energi kedalam satu jenis alat yaitu sumber energi matahari dan sumber energi angin)	4	5	9
	Tampilan Khusus	Pemilihan jenis kincir angin yang sesuai dengan kincir angin sumbu vertikal	4	5
Peletakan sel surya pada bilah yang sesuai		4	4	8
Memuat integrasi konsep energi angin dan energi matahari		4	5	9
Penyajian Media	Mudah dibawa/dipindahkan	4	4	8
	Terdapat judul/keterangan pada media	3	4	7
	Terdapat cara penggunaan/perawatan pada media	3	5	8
	Penyajian media diharapkan ke depannya mampu mengembangkan minat belajar peserta didik	4	5	9
Jumlah skor indikator (Σx)				113

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Rata-rata skor				4,3
Persentase (%)				87%
Kategori				Sangat Baik
Kriteria				Sangat Layak

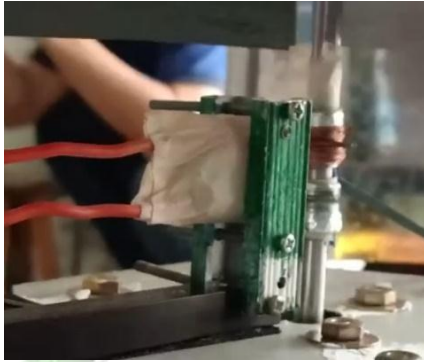
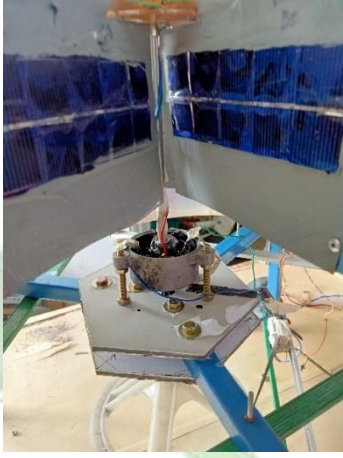
Berdasarkan hasil penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator tampilan umum, tampilan khusus dan penyajian media sehingga berikut rekapitulasi dari penilaian ahli materi tentara pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Ahli Pertama dan Kedua

Indikator	Skor yang diperoleh	Persentase	Kategori	Kriteria
Tampilan Umum	55	92 %	Sangat Baik	Sangat Layak
Tampilan Khusus	26	87%	Sangat Baik	Sangat Layak
Penyajian Media	32	80%	Baik	Layak
Keseluruhan	113	87%	Sangat Baik	Sangat Layak

Berdasarkan tabel 4.5 rekapitulasi ahli pertama dan kedua pada desain kincir angin savonius menggunakan bilah baling-aling sel surya dengan lengan bilah fleksibel mendapatkan skor 113 kategori sangat baik dan kriteria sangat layak. Sehingga berdasarkan tabel 4.7 desain dari kincir angin dapat digunakan.

Tabel 4.6 Sebelum dan Sesudah Revisi Desain

Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
<p>Sikat logam yang bersentuhan secara langsung di perbaiki.</p> 	

b. Validasi Kelayakan Produk

Validator ahli kelayakan produk dilakukan oleh Suhartono, M.Pd.,Si sebagai validator ahli kelayakan produk pertama dan Nadia Azizah, M.Pfis sebagai validator ahli kelayakan kedua. Validator adalah seorang dosen Program Studi Tadris Fisika IAIN Palangka Raya. Validasi ini dilakukan untuk menguji kelayakan produk dari prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel. Validasi ini juga dilakukan untuk mendapatkan informasi dan saran yang akan digunakan untuk memperbaiki juga meningkatkan kualitas dari prototipe. Hasil validasi diperoleh dengan cara penilaian melalui lembar validasi berupa angket. Hasil penilaian ahli pertama dan kedua pada indikator desain prototipe terdapat pada tabel 4.7.

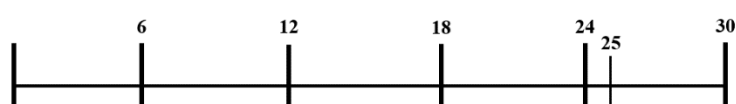
Tabel 4.7 Penilaian Ahli Pertama dan Kedua Pada Indikator Desain Prototipe

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Desain Prototipe	Prototipe mudah dibuat (komponen tidak menggunakan banyak jenis bahan material)	4	5	9
	Dimensi prototipe yang dibuat tidak besar (tinggi ±60 cm, lebar keseluruhan ±63 cm)	4	4	8
	Prototipe bersifat portable	4	4	8
Jumlah skor indikator (Σx)				25
Rata-rata skor				4,2
Persentase (%)				83%
Kategori				BAIK
Kriteria				LAYAK

Berdasarkan tabel 4.7 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator desain prototipe diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,2 dengan persentase 83%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{25}{30} \times 100\% = 83\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator desain prototipe dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 3.2, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 4.8 dapat



Gambar 4. 20 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan pada Indikator Desain Prototipe

diketahui bahwa dikategorikan layak. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.20.

Tabel 4.8 Penilaian Ahli Pertama dan Kedua Pada Indikator Pemilihan Bahan

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Pemilihan Bahan	Bahan Mudah di dapatkan	4	5	9
	Prototipe menggunakan bahan yang ringan	4	4	8
	Prototipe menggunakan bahan yang kuat	4	5	9
	Prototipe menggunakan bahan anti korosi	3	4	7
Jumlah skor indikator (Σx)				33
Rata-rata skor				4,1
Persentase (%)				83%
Kategori				BAIK
Kriteria				LAYAK

Berdasarkan tabel 4.8 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator pemilihan bahan diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,1 dengan persentase 80%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{33}{40} \times 100\% = 83\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator pemilihan bahan dari prototipe kincir angin savonius



Gambar 4. 21 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan pada Indikator Pemilihan Bahan

berada pada kriteria baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 4.8, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 3.2 dapat dikategorikan layak. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.21.

Tabel 4.9 Penilaian ahli pertama dan kedua pada indikator ketahanan prototipe

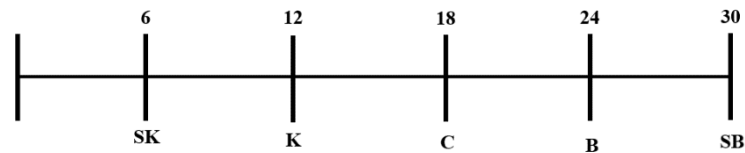
Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Ketahanan Prototipe	Ketahanan terhadap guncangan atau benturan (prototipe diberi kaki yang kokoh)	3	5	8
	Ketahanan prototipe terhadap tekanan	3	5	8
	Ketahanan bahan prototipe yang tidak mudah berkarat	4	4	8
Jumlah skor indikator (Σx)				24
Rata-rata skor				4
Persentase (%)				80%
Kategori				BAIK
Kriteria				LAYAK

Berdasarkan tabel 4.9 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator ketahanan prototipe diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4 dengan persentase 80%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{24}{30} \times 100\% = 80\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator tampilan khusus dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada

tabel 4.9, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 3.2 dapat



Gambar 4. 22 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan Pada Indikator Ketahanan Prototipe

diketahui bahwa dikategorikan layak. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.22.

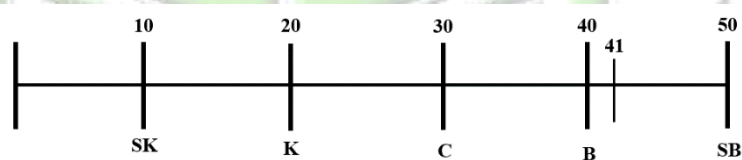
Tabel 4.10 Penilaian Ahli Pertama dan Kedua Pada Indikator Penggunaan Prototipe

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Penggunaan Prototipe	Prototipe mudah digunakan	4	4	8
	Prototipe mudah di bawa	4	4	8
	Prototipe menghasilkan daya listrik	3	5	8
	Prototipe dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah dan angin tinggi	3	5	8
	Prototipe dapat beroperasi tanpa dipengaruhi oleh arah kecepatan angin	4	5	9
Jumlah skor indikator (Σx)				41
Rata-rata skor				4,1
Persentase (%)				82%
Kategori				BAIK
Kriteria				LAYAK

Berdasarkan tabel 4.10 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator penggunaan prototipe diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,1 dengan persentase 82%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{41}{50} \times 100\% = 82\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator penggunaan prototipe dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 4.10, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 3.2 dapat diketahui bahwa dikategorikan layak. Secara



Gambar 4. 23 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan pada Indikator Penggunaan Prototipe

keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.23.

Tabel 4.11 Penilaian Ahli Pertama dan Kedua Pada Indikator Perawatan Prototipe

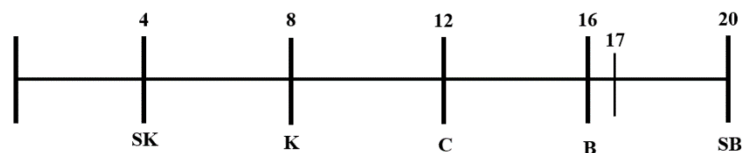
Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Perawatan Prototipe	Tidak membutuhkan biaya besar untuk pembuatan prototipe	4	4	8
	Tidak membutuhkan biaya besar untuk melakukan perawatan prototipe	4	5	9

Jumlah skor indikator (Σx)	17
Rata-rata skor	4,25
Persentase (%)	85%
Kategori	SANGAT BAIK
Kriteria	LAYAK

Berdasarkan tabel 4.11 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator perawatan prototipe diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,25 dengan persentase 85%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{17}{20} \times 100\% = 85\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator perawatan prototipe dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria sangat baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 3.2, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 4.11 dapat diketahui bahwa dikategorikan layak. Secara keseluruhan,



Gambar 4. 24 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Kelayakan pada Indikator Perawatan Prototipe

interval hasil penilaian pada gambar 4.24.

Tabel 4.12 Hasil Keseluruhan Penilaian Ahli Pertama dan Kedua pada Produk

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
Desain Prototipe	Prototipe mudah dibuat (komponen tidak menggunakan banyak jenis bahan material)	4	5	9
	Dimensi prototipe yang dibuat tidak besar (tinggi ± 60 cm, lebar keseluruhan ± 63 cm)	4	4	8
	Prototipe bersifat portable	4	4	8
Pemilihan Bahan	Bahan Mudah di dapatkan	4	5	9
	Prototipe menggunakan bahan yang ringan	4	4	8
	Prototipe menggunakan bahan yang kuat	4	5	9
Ketahanan Prototipe	Prototipe menggunakan bahan anti korosi	3	4	7
	Ketahanan terhadap guncangan atau benturan (prototipe diberi kaki yang kokoh)	3	5	8
	Ketahanan prototipe terhadap tekanan	3	5	8
Ketahanan Prototipe	Ketahanan bahan prototipe yang tidak mudah berkarat	4	4	8
	Ketahanan terhadap guncangan atau benturan (prototipe diberi kaki yang kokoh)	3	5	8
	Ketahanan prototipe terhadap tekanan	3	5	8
	Ketahanan bahan prototipe yang tidak mudah berkarat	4	4	8
	Ketahanan terhadap guncangan atau benturan (prototipe diberi kaki yang kokoh)	3	5	8
Ketahanan Prototipe	Prototipe dapat beroperasi tanpa dipengaruhi oleh arah kecepatan angin	4	5	9
	Perawatan Prototipe	Tidak membutuhkan biaya besar untuk pembuatan	4	4

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	
	prototipe			
	Tidak membutuhkan biaya besar untuk melakukan perawatan prototipe	4	5	9
Jumlah skor indikator (Σx)				140
Rata-rata skor				4,13
Persentase (%)				82%
Kategori				Baik
Kriteria				Layak

Berdasarkan hasil penilaian kelayakan pertama dan kedua terhadap indikator desain prototipe, pemilihan bahan, ketahanan prototipe, penggunaan prototipe dan perawatan prototipe sehingga berikut rekapitulasi dari penilaian ahli materi tentara pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Ahli Pertama dan Kedua

Indikator	Skor yang diperoleh	Persentase	Kategori	Kriteria
Desai Prototipe	25	83 %	Baik	Layak
Pemilihan Bahan	33	83%	Baik	Layak
Ketahanan Prototipe	24	80%	Baik	Layak
Penggunaan Prototipe	41	82 %	Baik	Layak
Perawatan Prototipe	17	85 %	Sangat Baik	Layak
Keseluruhan	140	82%	Baik	Layak

Berdasarkan tabel 4.13 rekapitulasi ahli pertama dan kedua pada kelayakan produk kincir angin savonius menggunakan bilah baling-alang sel surya dengan lengan bilah fleksibel mendapatkan skor 140

kategori baik dan kriteria layak. Sehingga berdasarkan tabel 4.13 kelayakan produk kincir angin dapat digunakan.

3. Daya Prototipe Kincir Angin

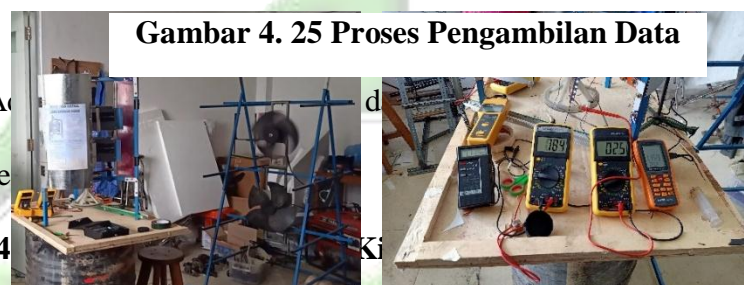
a. Uji Coba Menggunakan Angin Buatan

Daya yang dihasilkan dari prototipe kincir angin dilakukan uji coba di Laboratorium Fisika Terpadu IAIN Palangka Raya. Tahap pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan sebuah kipas angin *outdoor* AC yang telah dimodifikasi. Pengujian dilakukan di dalam ruangan karena untuk menghindari dan meminimalisir faktor-faktor yang berpengaruh dalam pengambilan data serta untuk menjaga intensitas cahaya matahari konstan.

Kecepatan putaran kipas angin di atur menggunakan sebuah regulator yang berfungsi untuk mengatur cepat atau lambat angin yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan meletakkan kincir angin dengan jarak 2 m pada sumber angin. Hal tersebut bertujuan agar menghindari turbulensi. Pengujian prototipe kincir angin terdiri dari pengukuran kecepatan angin, intensitas cahaya matahari, putaran kincir angin, tegangan dan arus. Pengujian dilakukan dengan langsung menggunakan beban hal tersebut dikarenakan jika tidak menggunakan beban, arus



listrik yang di hasilkan tidak muncul dikarenakan arus listrik sangat kecil.



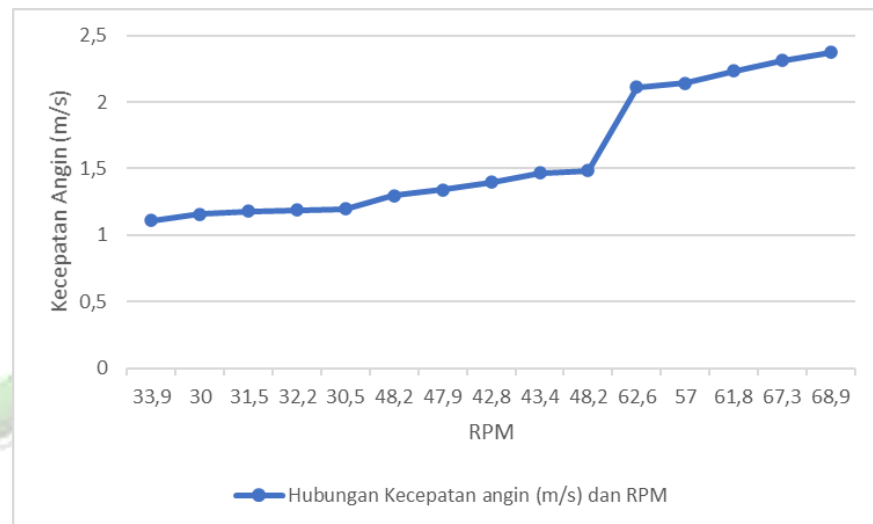
Tabel 4

No	Kec. Angin (m/s)	Intensitas Matahari	RPM	Volt (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	1,189	141,4	33,9	2,55	0,00096	0,00245
2	1,198	111,1	30,0	2,54	0,00073	0,00185
3	1,109	140,2	31,5	2,51	0,00060	0,00151
4	1,178	134,0	32,2	2,49	0,00027	0,00067
5	1,159	111,5	30,5	2,50	0,00058	0,00145
6	1,468	135,1	48,2	2,67	0,00365	0,00975
7	1,298	134,8	47,9	2,62	0,00218	0,00571
8	1,339	135,4	42,8	2,57	0,00140	0,0036
9	1,397	135,9	43,4	2,62	0,00272	0,00713
10	1,486	138,1	48,2	2,66	0,00253	0,00673
11	2,112	102,8	62,6	2,74	0,00686	0,0188
12	2,142	104,2	57,0	2,76	0,00797	0,022
13	2,311	104,6	61,8	2,76	0,00822	0,02269
14	2,375	105,4	67,3	2,69	0,00696	0,01872
15	2,233	120,1	68,9	2,69	0,00739	0,01988

Berdasarkan tabel 4.14 menunjukkan hasil bahwa ketika kecepatan angin yang mengenai bilah baling-baling kincir angin

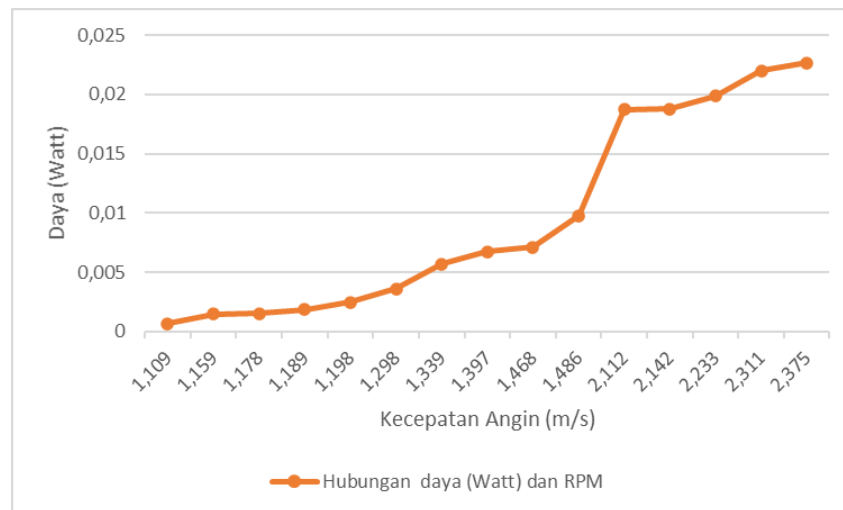
semakin tinggi maka putaran kincir angin akan semakin cepat dan daya yang dihasilkan akan semakin besar.

Grafik 4.1 Hubungan Kecepatan Angin (m/s) dan Putaran Kincir



Angin (RPM)

Grafik 4.1 memperlihatkan hubungan antara kecepatan angin (m/s) dan putaran dari kincir angin (RPM). Berdasarkan grafik menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin cepat putaran dari kincir angin.



Grafik 4.2 Hubungan Kecepatan Angin (m/s) dan Daya (Watt)

Grafik 4.2 memperlihatkan hubungan antara daya (watt) dan kecepatan angin (m/s). Berdasarkan grafik menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin besar daya yang dihasilkan oleh kincir angin.

b. Uji Coba Lapangan

Uji coba lapangan dilakukan untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh sel surya. Uji coba dilakukan di Rooftop atau lantai 4



Gambar 4. 26 Proses Pengambilan Data di Lapangan

Laboratorium Terpadu IAIN Palangka Raya. Uji coba dilakukan pukul 10.35 WIB sampai dengan 14.05 WIB. Uji coba dilakukan menggunakan angin alami dan cahaya matahari secara langsung.

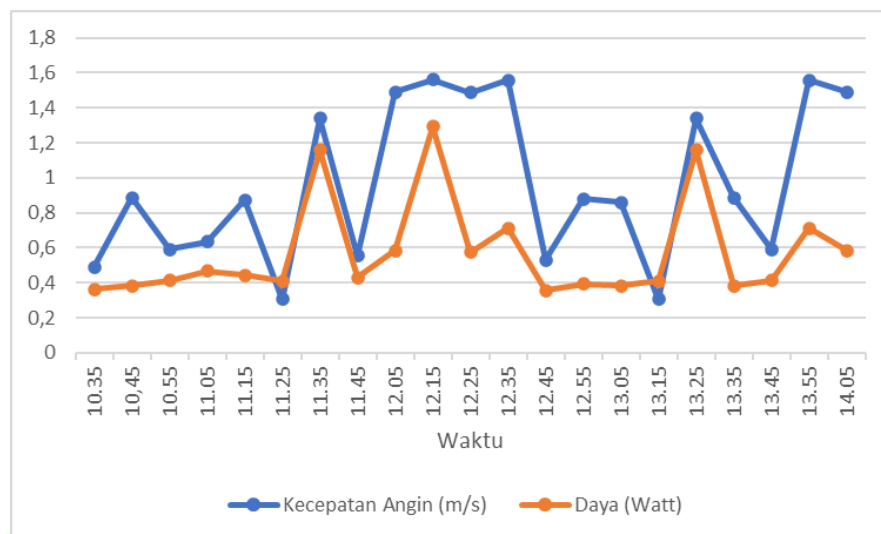
Adapun hasil dari ujicoba di lapangan ditunjukkan pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Hasil Daya Prototipe Kincir Angin Menggunakan Angin Alam

Waktu	Kec. Angin (m/s)	RPM	Volt (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
10.35	0,491	0	2,95	0,1231	0,363145
10,45	0,885	0	3,12	0,123	0,38376
10.55	0,591	0	3,06	0,1346	0,411876
11.05	0,635	0	3	0,1561	0,4683
11.15	0,874	0	3,02	0,1468	0,443336
11.25	0,306	0	3,06	0,1341	0,410346
11.35	1,339	47,9	4,32	0,2682	1,158624
11.45	0,553	0	3	0,1432	0,4296
12.05	1,491	43,4	4,63	0,1262	0,584306
12.15	1,561	62,8	5,03	0,2569	1,292207
12.25	1,487	48,2	4,65	0,1234	0,57381
12.35	1,557	57	4,97	0,1435	0,713195
12.45	0,531	0	2,76	0,1296	0,357696
12.55	0,881	0	2,96	0,1333	0,394568
13.05	0,86	0	2,93	0,1307	0,382951
13.15	0,306	0	3,06	0,134	0,41004
13.25	1,339	47,9	4,32	0,2682	1,158624
13.35	0,885	0	3,12	0,123	0,38376
13.45	0,591	0	3,06	0,1346	0,411876
13.55	1,557	57	4,97	0,1435	0,713195
14.05	1,491	43,4	4,63	0,1262	0,584306

Berdasarkan tabel 4.16 menunjukkan grafik hasil hubungan antara waktu, kecepatan angin dan daya yang dihasilkan

Grafik 4.3 Hubungan Waktu, Kecepatan Angin (m/s) dan Daya (Watt)



Berdasarkan grafik 4.3 menunjukkan antara hubungan waktu, kecepatan angin dan daya yang dihasilkan. Grafik 4.3 menunjukkan 2 indikator warna. Warna biru menunjukkan kecepatan angin pada waktu tertentu. Warna kuning tua menunjukkan daya yang dihasilkan dari kincir.

4. Tanggapan Guru dan Respons Peserta Didik

a. Tanggapan Guru

Guru sebagai penanggap dan juga sebagai validator ahli media dilakukan oleh 3 (tiga) guru dari SMAN 1 Palangka Raya yaitu Salingkat, S.Pd., M.Pd sebagai validator ahli media pertama. Selanjutnya validator kedua Yeprina Prihatini Asie, S.Pd sebagai validator ahli media kedua. Berikutnya validator ketiga Eka Mintarsih,

S.Hut sebagai validator ahli media ke tiga. Ketiga validator adalah guru fisika di SMAN 1 Palangka Raya.

Validasi ini dilakukan untuk menguji kelayakan dari prototipe sebagai media pembelajaran di sekolah yang digunakan untuk media pembelajaran peserta didik. Validasi ini juga dilakukan untuk mendapatkan informasi dan saran yang akan digunakan untuk memperbaiki juga meningkatkan kualitas desain dari prototipe. Hasil validasi diperoleh dengan cara penilaian melalui lembar validasi berupa angket. Hasil penilaian ahli pertama ahli kedua dan ahli ketiga pada terdapat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Penilaian Ahli Pertama, Kedua dan Ketiga pada Indikator Keakuratan

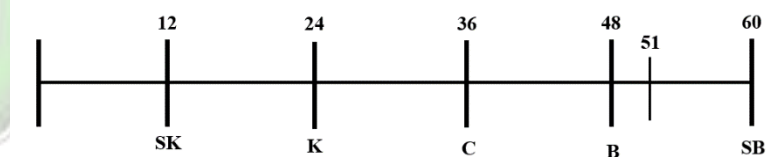
Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)			Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	3	
Keakuratan	Media prototipe kincir angin yang disajikan sesuai dengan kebenaran keilmuan	4	5	4	13
	media prototipe kincir angin yang disajikan sesuai perkembangan teknologi	4	5	3	12
	media prototipe kincir angin yang disajikan 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
Jumlah skor indikator (Σx)					51
Rata-rata skor					4,25
Persentase (%)					85%

Kategori	SANGAT BAIK
Kriteria	LAYAK

Berdasarkan tabel 4.16 penilaian ahli media pertama, kedua dan ketiga terhadap indikator keakuratan diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,25 dengan persentase 85%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{51}{60} \times 100\% = 85\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator keakuratan dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria sangat baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 3.2, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 4.17 dapat diketahui bahwa dikategorikan layak. Secara keseluruhan, interval



Gambar 4. 27 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Media pada Indikator Keakuratan

hasil penilaian pada gambar 4.26.

Tabel 4.17 Penilaian Ahli Pertama, Kedua dan Ketiga pada Indikator Kelengkapan Sajian

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)	Jumlah Skor Tiap
-----------	-----------------	-----------------	------------------

		1	2	3	Butir
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
Jumlah skor indikator (Σx)					26
Rata-rata skor					4,7
Persentase (%)					87%
Kategori					SANGAT BAIK
Kriteria					SANGAT LAYAK

Berdasarkan tabel 4.17 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator kelengkapan sajian diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,7 dengan persentase 87%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{26}{30} \times 100\% = 87\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator kelengkapan sajian dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria sangat baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 3.2, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 4.17 dapat diketahui bahwa dikategorikan sangat layak. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.28.



Gambar 4. 28 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Media pada Indikator Kelengkapan Sajjian

Tabel 4.18 Penilaian Ahli Pertama, Kedua dan Ketiga pada Indikator Konsep Dasar Media

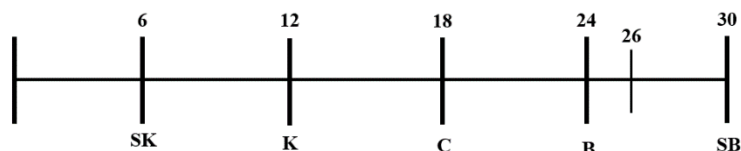
Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=3)			Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	3	
Konsep Dasar Media	Media prototipe kincir angin sesuai konsep usaha dan energi	4	5	4	13
	Media prototipe kincir angin sesuai dengan perubahan energi	4	5	4	13
Jumlah skor indikator (Σx)					26
Rata-rata skor					4,7
Persentase (%)					87%
Kategori					SANGAT BAIK
Kriteria					SANGAT LAYAK

Berdasarkan tabel 4.18 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator konsep dasar media diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,7 dengan persentase 87%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{26}{30} \times 100\% = 87\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator konsep dasar media dari prototipe kincir angin

savonius berada pada kriteria sangat baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 4.18, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 3.2 dapat diketahui bahwa dikategorikan sangat layak. Secara



Gambar 4. 29 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Media pada Indikator Konsep Dasar Media

keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.29.

Tabel 4.19 Penilaian Ahli Pertama, Kedua dan Ketiga pada Indikator Konsep Dasar Media

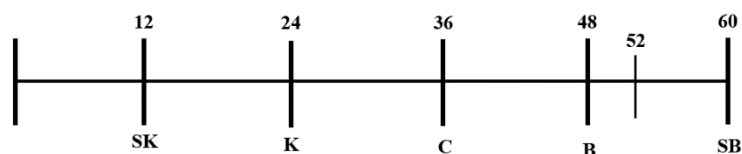
Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=3)			Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	3	
Kesesuaian sajian dengan tuntutan pembelajaran yang terpusat pada peserta didik	Media Prototipe kincir angin mendorong peserta didik belajar secara kelompok	4	4	5	13
	Media Prototipe kincir angin mendorong rasa ingin tahu peserta didik	4	4	5	13
	Media prototipe kincir angin mendorong terjadinya interaksi peserta didik	4	4	5	13
	Media prototipe kincir angin mendorong peserta mengembangkan pengetahuannya sendiri	4	4	5	13
Jumlah skor indikator (Σx)					52
Rata-rata skor					4,7
Persentase (%)					87%
Kategori					SANGAT BAIK

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=3)			Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	3	
Kriteria					SANGAT LAYAK

Berdasarkan tabel 4.19 penilaian ahli desain pertama dan kedua terhadap indikator kesesuaian sajian dengan tuntutan pembelajaran yang terpusat pada peserta didik diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,7 dengan persentase 87%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{52}{60} \times 100\% = 87\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator kesesuaian sajian dengan tuntutan pembelajaran yang terpusat pada peserta didik dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria sangat baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 4.19, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 3.2 dapat diketahui bahwa dikategorikan sangat layak. Secara keseluruhan,



Gambar 4. 30 Interval Keseluruhan Hasil Penilaian Ahli Media pada Indikator Kesesuaian Sajian

interval hasil penilaian pada gambar 4.30.

Tabel 4.20 Hasil Tanggapan Guru Keseluruhan

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)			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	4	4	5	13

Indikator	Butir Penilaian	Validator (n=2)			Jumlah Skor Tiap Butir
		1	2	3	
	pengetahuannya sendiri				
	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					Sangat Baik
Kriteria					Sangat Layak

Berdasarkan hasil penilaian kelayakan pertama dan kedua terhadap indikator desain prototipe, pemilihan bahan, ketahanan prototipe, penggunaan prototipe dan perawatan prototipe sehingga berikut rekapitulasi dari penilaian ahli materi tentara pada tabel 4.21

Tabel 4.21 Rekapitulasi Tanggapan Guru

Indikator	Skor yang diperoleh	Persentase	Kategori	Kriteria
Keakuratan	51	85 %	Sangat Baik	Layak
Kelengkapan Sajian	26	87%	Sangat Baik	Sangat Layak
Konsep Dasar Media	26	87%	Sangat Baik	Sangat Layak
Kesesuaian sajian dengan tuntutan pembelajaran yang terpusat	51	85 %	Sangat Baik	Layak

pada peserta didik				
Keseluruhan	154	86%	Sangat Baik	Sangat Layak

Berdasarkan tabel 4.22 rekapitulasi ahli pertama, kedua dan ketiga pada pengembangan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-aling sel surya dengan lengan bilah fleksibel mendapatkan skor 154 kategori sangat baik dan kriteria sangat layak. Sehingga berdasarkan tabel 4.22 kincir angin dapat digunakan menjadi sebuah media.

b. Respons Peserta Didik

Uji coba produk untuk melihat respons peserta didik dilakukan di SMAN 1 Palangka Raya. Proses untuk mengetahui respons peserta didik di SMAN 1 yaitu dengan memberikan pendahuluan atau pemaparan umum mengenai prototipe kincir angin. Pemaparan umum yang disampaikan mengenai prototipe kincir angin yaitu berupa deskripsi dari kincir angin, jenis kincir angin yang dikembangkan, cara



Gambar 4. 31 Uji Coba Untuk Melihat Repon Peserta Didik

perawatan dan cara penggunaanya.

Hasil dari uji coba produk untuk melihat respons peserta didik yang dilakukan di SMAN 1 Palangka Raya secara terbatas dilihat pada tabel 4.22.

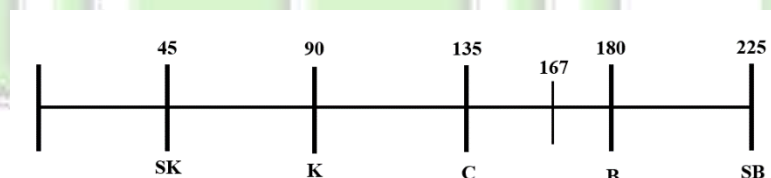
Tabel 4.22 Hasil Tanggapan Peserta Didik pada Indikator Tampilan

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
Jumlah skor indikator (Σx)										167	
Rata-rata skor										3,7	
Persentase (%)										74%	
Kategori										BAIK	
Kriteria										LAYAK	

Berdasarkan tabel 4.22 respons peserta didik pada indikator tampilan media diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 3,7 dengan persentase 74%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{167}{225} \times 100\% = 74\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator tampilan media dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 4.22 untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 3.4 dapat diketahui bahwa di kategorikan layak. Secara keseluruhan, Interval



Gambar 4.32 Interval Keseluruhan Respons Peserta Didik pada Indikator Tampilan

hasil penilaian pada gambar 4.32.

Tabel 4.23 Hasil Tanggapan Peserta Didik pada Indikator Kemerarikan

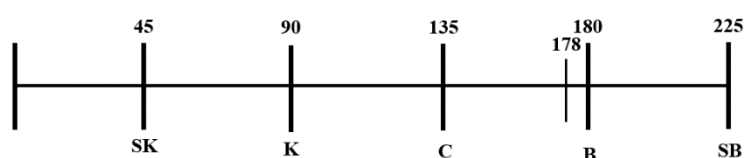
Indikator	Butir Penilaian	Responden (n=9)									Jumlah Skor
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kemerarikan	Prototipe kincir angin membuat pembelajaran tidak membosankan	3	4	3	2	4	4	4	4	5	33

Indikator	Butir Penilaian	Responden (n=9)									Jumlah Skor
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	n										
	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 proyek	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
Jumlah skor indikator (Σx)											178
Rata-rata skor											3,97
Persentase (%)											79%
Kategori											BAIK
Kriteria											LAYA K

Berdasarkan tabel 4.23 respons peserta didik pada indikator kemenarikan diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 3,97 dengan persentase 79%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{178}{225} \times 100\% = 79\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator kemenarikan dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 4.23, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 3.4 dapat diketahui bahwa dikategorikan layak. Secara keseluruhan, interval hasil



Gambar 4.33 Interval Keseluruhan Respons Peserta Didik pada Indikator Kemenarikan

penilaian pada gambar 4.33.

Tabel 4.24 Hasil Tanggapan Peserta Didik pada Indikator Manfaat

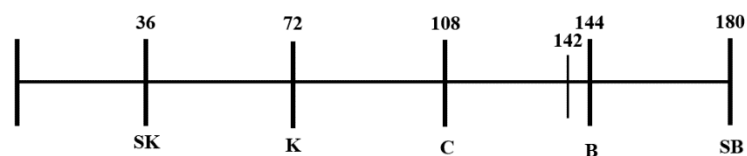
Indikator	Butir Penilaian	Responden (n=9)									Jumlah Skor
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Manfaat	Dapat sebagai salah satu sumber pengetahuan belajar berbasis projek	4	5	5	2	4	5	4	5	5	39
	Dapat memberikan manfaat lebih karena medianya nyata	4	4	5	1	4	5	4	5	4	36
	Memberikan informasi mengenai bagian-bagian kincir 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)										142
Rata-rata skor										3,9
Persentase (%)										79%
Kategori										BAIK
Kriteria										LAYAK

Berdasarkan tabel 4.24 respons peserta didik pada indikator tampilan media diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 3,9 dengan persentase 79%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{142}{180} \times 100\% = 79\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa indikator tampilan media dari prototipe kincir angin savonius berada pada kriteria baik. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pada tabel 4.24, untuk kelayakan produk berdasarkan tabel 3.4 dapat diketahui bahwa dikategorikan layak. Secara keseluruhan, interval hasil



Gambar 4. 34 Interval Keseluruhan Respons Peserta Didik pada Indikator Manfaat

penilaian pada gambar 4.34.

Tabel 4.25 Hasil Keseluruhan Tanggapan 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
	Prototipe kincir angin membuat pembelajaran tidak membosankan	3	4	3	2	4	4	4	4	5	33
Kemenarikan	Prototipe kincir angin membuat belajar lebih nyata	3	5	5	2	5	4	5	4	4	37
	Prototipe kincir angin dapat	4	4	5	2	4	4	5	4	5	37

Indikator	Butir Penilaian	Responden (n=9)									Jumlah Skor
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	memotivasi untuk belajar berbasis proyek										
	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 proyek	4	5	5	2	4	5	4	5	5	39
	Dapat memberikan manfaat lebih karena mediana 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

Indikator	Butir Penilaian	Responden (n=9)									Jumlah Skor
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Rata-rata skor											3,7
Persentase (%)											74%
Kategori											BAIK
Kriteria											LAYA K

Tabel 4.26 Rekapitulasi Respons Peserta Didik

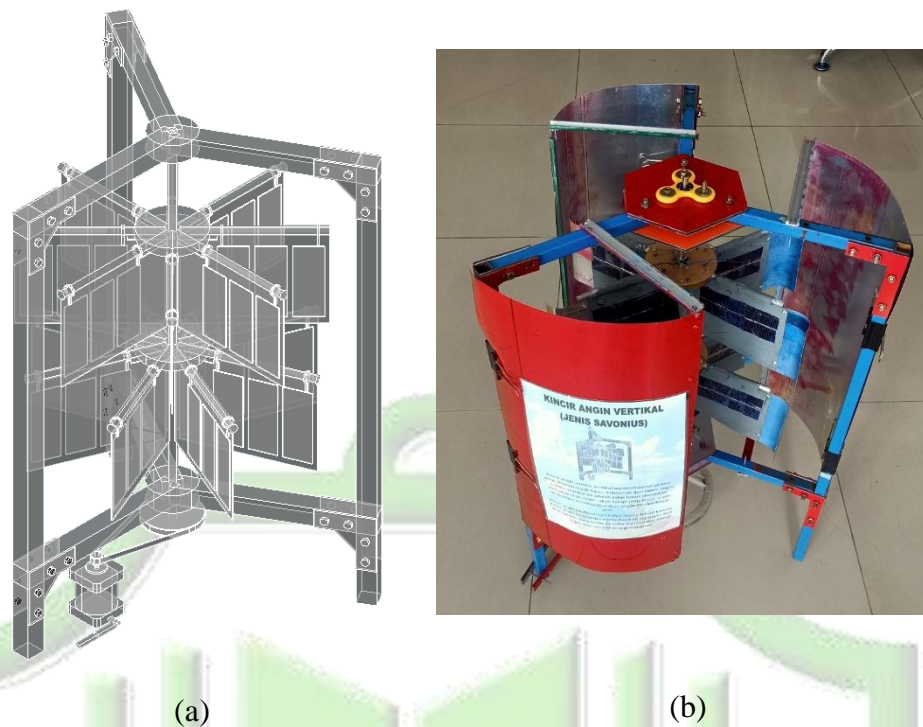
Indikator	Skor yang diperoleh	Persentase	Kategori	Kriteria
Tampilan	167	74%	Baik	Layak
Manfaat	178	79%	Baik	Layak
Kemenarikan	148	79%	Baik	Layak
Keseluruhan	493	77,3%	Baik	Layak

Berdasarkan tabel 4.26 rekapitulasi respons peserta didik pada pengembangan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-alang sel surya dengan lengan bilah fleksibel mendapatkan skor 493 kategori baik dan persentase 77,3% dengan kriteria layak.

B. Pembahasan

1. Desain Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling-baling Sel Surya dengan Lengan Bilah Fleksibel

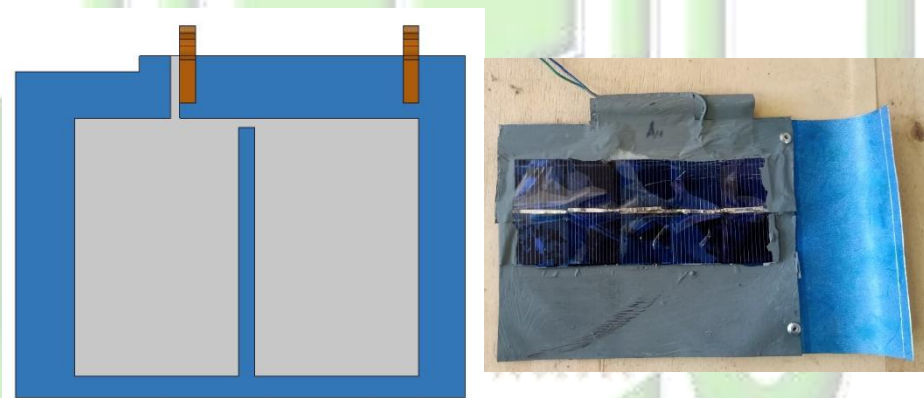
Desain kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel diawali dengan perancangan arsitektual untuk menggambarkan sistem kincir angin keseluruhan. Tahap selanjutnya yaitu perealisasi kincir angin sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Tahap pengembangan yaitu dengan menggunakan bilah baling-baling dengan di tambahkan sel surya di masing-masing sisi dari bilah.



Gambar 4. 35 Perbandingan antara gambar arsitektual (a) dan gambar perealisasiian (b) pada kerangka

Tahap arsitektual pada bagian rangka tidak terdapat sebuah bilah untuk memfokuskan angin, tapi pada tahap perealisasiian bilah pada rangka dibuat untuk memfokuskan angin yang akan masuk untuk memutar kincir tersebut. Agar poros savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel tersebut berputar cepat dibutuhkan penghalang pada sisi cembungnya dan mengarahkan angin pada posisi cekungnya. Selain itu adanya penghalang angin juga dapat menambah atau memusatkan energi kinetik yang terjadi. Hal tersebut ditambahkan karena pengaruh dari lengan fleksibel itu sendiri. Dimana ketika bilah itu tidak dipasangkan maka kincir angin tidak akan berputar dikarenakan angin yang mengenai bilah baling-baling menyebar atau tidak terfokus pada satu

posisi. Kastiawan (2017) memperkuat terkait penghalang angin yang berada pada rangka kincir angin. Akan tetapi dalam penelitiannya menggunakan istilah fin. Fin merupakan bagian tambahan atau modifikasi pada sebuah kincir angin yang berfungsi memperkecil luasan ruang dan memperbesar tekanan di sepanjang luasan sudu. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan Kastiawan (2017) menunjukkan bahwa terjadi pengaruh terhadap celah fin yang menyempit dapat menimbulkan putaran yang meningkat. Dikarenakan sedikitnya aliran angin yang terbuang. Jika celah fin itu melebar maka akan turbulensi angin. Sehingga menimbulkan perubahan arah maupun kecepatan angin. Kerugian yang di dapat



menyebabkan menurunnya unjuk kerja kincir angin.

Gambar 4. 36 Perbandingan Antara Gambar Arsitektual (a) Dan Gambar Perealisasi (b) Pada Bilah Baling-Baling

(a)

(b)

Tahap arsitektual bilah baling-baling didesain secara datar tanpa ada lekukan di bagian ujung terluar dari baling-baling. Akan tetapi pada

saat perealisasi bilah baling-baling pada bagian ujung dibuat melengkung menyerupai huruf L. Hal tersebut bertujuan agar menabahkan daya dorong kincir ketika di tiup angin. Sehingga bilah-baling yang semula dengan desain datar dan pada saat perealisasi menjadi berbentuk seperti huruf L yang menjadikan kincir angin menjadi savonius tipe L dengan lengan fleksibel.

Penggunaan bilah baling-baling dengan bentuk huruf L bertujuan untuk menambah daya dorong ketika kincir di tiup angin. Hasil tersebut diperkuat dengan penelitian yang telah dilakukan Soelaiman, *et all* (2007) dari penelitian mereka menyimpulkan bahwa blade savonius tipe L menghasilkan unjuk kerja yang paling baik dibandingkan dengan tipe yang lain. Kemudian penelitian lain yang dilakukan Mahendra (2013) berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah sudu memiliki peranan yang sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja dari kincir angin savonius tipe L. Widodo, *et all* (2014) dengan turbin angin savonius tingkat dua menggunakan bilah tipe L di dapatkan efisiensi sebesar 39%. Mampu menghasilkan daya sebesar 13,81 Watt. Prabowo D (2018) dalam penelitiannya yang membandingkan antara kincir angin savonius tipe L dan tipe S. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tipe L lebih besar dikarenakan besarnya luas penampang pada bilah tipe L.

Tahap arsitektual permukaan yang di pasang sel surya hanya pada satu bagian, tetapi pada perealisasi sel surya di pasang pada kedua sisi.

Hal tersebut bertujuan untuk menambah daya yang dihasilkan dan menambah jumlah luasan sel surya yang terpapar sinar matahari.

Penelitian terkait yang menggunakan penggabungan sel surya dilakukan oleh Triadi (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 (2019) melakukan penelitian dengan memasang sel surya pada tiang menara dari kincir angin. Kincir angin yang digunakan adalah kincir angin darius, dengan menggunakan tower dan sel surya dipasangkan di bagian dari menara dengan memberikan penyangga.

2. Validasi Ahli

Tahap validasi terdapat 2 validasi yang dilakukan yaitu kelayakan desain, kelayakan produk, tanggapan guru sebagai ahli media serta dengan melihat respons peserta didik di sekolah. dalam setiap validasi dihasilkan nilai masing-masing dari setiap validator. Validasi kelayakan desain hasil masing-masing indikator tampilan umum dengan skor 55 dengan persentase 92% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat layak. Tampilan khusus dengan skor 26 persentase 87% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat layak. Penyajian media dengan skor 32 dengan persentase 80% dengan kategori baik dan kriteria layak. Rekapitulasi dari kelayakan desain diperoleh skor 113 dengan persentase

86% kategori sangat baik dan kriteria sangat layak. Dari hasil validasi oleh ahli desain terdapat beberapa saran diantaranya yaitu pada bagian *output*



Gambar 4. 37 Perbandingan antara gambar arsitektual (a) dan gambar perealisasiian (b) pada bilah baling-baling

dari sel surya dimana validator memberikan saran untuk membuat desain skat yang meminimalisir terjadinya gesekan sehingga tidak terlalu menghambat putaran dari kincir angin.

(a)

(b)

Gambar 4.38 bagian (a) desain yang dibuat hanya menggunakan kabel kawat yang ditempelkan pada cincin yang berada di rotor. Dimana ketika rotor berputar, akan ada getaran yang menjadikan ujung kawat terkadang tidak menempel pada cincin sehingga tidak ada daya yang dikeluarkan. Gambar 4.38 bagian (b) skat telah di revisi menggunakan bekas dari dinamo stater mesin motor. Dalam hal *output* tegangan dari sel surya lebih baik dari pada skat pada gambar 4.38 bagian (a) akan tetapi masih terdapat sedikit kendala yaitu gesekan yang dapat mempengaruhi putaran kincir angin. Hal tersebut dapat diantisipasi dengan meneteskan

sebuah pelumas yang dapat mengurangi gesekan tanpa mempengaruhi daya yang di keluarkan dari sel surya.

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.

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



(a)



(b)

manual tersebut dapat mempermudah untuk menggunakan alat yang dibuat.

Gambar 4.38 adalah gambar dari panduan sebelum dan sesudah di revisi. Dimana gambar (a) hanya berupa lembaran yang berisi tentang keterangan dari kincir angin, sedangkan gambar (b) adalah sebuah buku manual yang berisi tentang deskripsi dan panduan lainnya

Berikutnya yaitu validasi dari ahli kelayakan produk untuk masing-masing indikator desain prototipe, mendapatkan skor 25 dengan persentase

Gambar 4. 38 Keterangan dan Panduan Sebelum di Revisi (a) dan Setelah di Revisi (b)

83%, kategori baik dan kriteria layak. Pemilihan bahan mendapatkan skor 33 dengan persentase 83%, kategori baik dan kriteria layak. Ketahanan prototipe mendapatkan skor 24 dengan persentase 80%, kategori baik dan kriteria layak. Penggunaan prototipe mendapatkan skor 41 dengan persentase 82%, kategori baik dan kriteria layak. Perawatan Prototipe mendapatkan skor 17 dengan persentase 85%, kategori baik dan kriteria layak. Rekapitulasi dari kelayakan produk mendapatkan skor 140 dan persentase 82,6% kategori baik dan kriteria baik. 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.

Berikut ini adalah material-material yang mendapatkan revisi dari



ahli produk. Material tersebut yaitu pada bilah baling-baling itu sendiri.

Gambar 4. 39 Bilah Baling-Baling Sebelum Direvisi (A) Dan Setelah Direvisi (B)

Baling-baling pada tahap sebelum di validasi hanya menggunakan bahan yang lentur dan tidak kuat terhadap tekanan angin yang tinggi. Kemudian peneliti merubah bahan tersebut menjadi aluminium sehingga memperkuat pada bagian bilah baling-baling. Gambar 4.40 akan membandingkan material yang digunakan pada kincir angin.

(a)

(b)

Gambar 4.40 adalah bilah baling-baling yang sebelumnya digunakan, akan tetapi setelah divalidasi bilah tersebut tidak kuat terhadap tekanan. Berikutnya peneliti mengubah bahan dari bilah bilah tersebut menjadi berbahan aluminium.

Berikutnya adalah material yang berbahan besi pada kerangka. Akan tetapi peneliti tidak mengubah bahan material tersebut dikarenakan keterbatasan pendanaan. Sehingga peneliti mempertahankan bahan yang

ada. Perbedaannya yaitu peneliti hanya menebalkan cat pada permukaan besi.

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 mengubah bagian tersebut dikarenakan peneliti mengalami kekurangan dana untuk mengganti menjadi bahan berjenis aluminium ataupun bahan yang lainnya. Triadi (2019) menjelaskan bahwa bahan aluminium merupakan bahan yang ringan, kuat serta tahan korosi. Akan tetapi peneliti 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 lepas lagi untuk dipindahkan. Karena sel surya sangat tipis dan rentan pecah.

Material lain yang mendapatkan saran yaitu pada material yang menggunakan besi. Diketahui bahwa besi adalah salah satu bahan yang mudah mengalami korosi. Menurut Caniago (2006) Besi merupakan bahan yang paling cepat mengalami korosi dan tingkat korosinya paling besar. Penyebab utama besi mengalami korosi apabila besi diletakkan di tempat terbuka terkena cahaya matahari dan hujan secara bergantian. Selain itu Trethewey (1991) mengemukakan salah satu faktor yang mempengaruhi korosi dalam lingkungan air adalah keberadaan elektrolit. Contohnya adalah asam sulfat dan natrium klorida, kedua senyawa tersebut

merupakan elektrolit kuat. Larutan elektrolit kuat adalah senyawa yang terionisasi secara sempurna ketika dilarutkan di air. Larutan elektrolit kuat berasal dari tiga jenis larutan yaitu, garam yang larut dalam air, asam kuat dan basa kuat. 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.

3. Daya Prototipe Kincir Angin

Daya yang dihasilkan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel yaitu dengan kecepatan angin 1,189 m/s dengan intensitas matahari 141,4 menghasilkan 33,9 RPM dan daya sebesar 0,00245 watt. Kecepatan angin 2,233 m/s dengan intensitas matahari 120,1 menghasilkan 68,9 RPM dan daya sebesar 0,01988 watt.

Berdasarkan data tersebut daya yang dihasilkan dari prototipe kincir angin savonius daya yang dihasilkan pada saat kecepatan angin minimum yaitu sebesar 0,00245 watt. Dengan tegangan sebesar 2,55 volt dan arus sebesar 0,00096 amper. Kemudian daya maksimum yang dihasilkan oleh kincir angin savonius pada kecepatan 2,233 m/s yaitu sebesar 0,01988 watt. Dengan tegangan 2,69 volt dan arus sebesar 0,00739

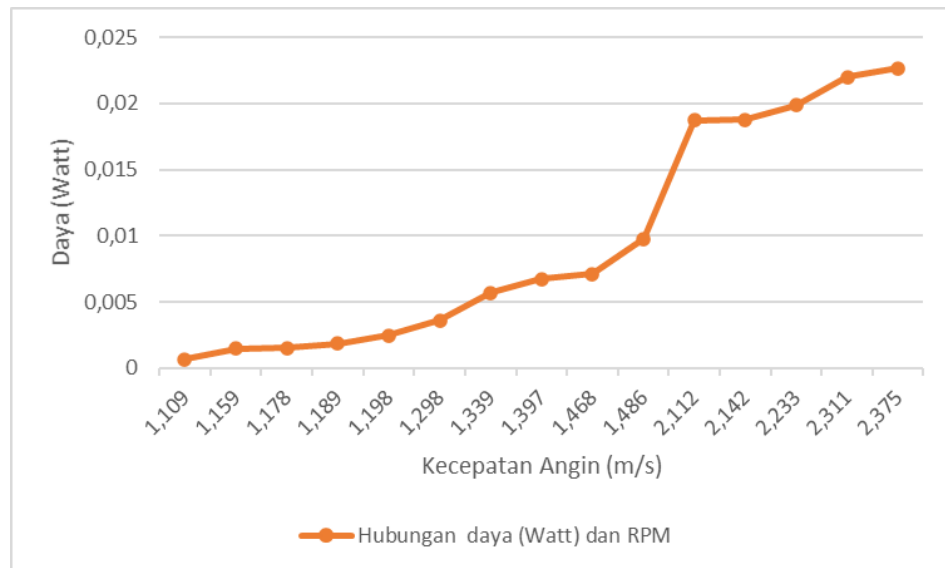
amper. Daya yang dihasilkan sangat kecil, hal tersebut dikarenakan jenis generator yang digunakan. Dalam penelitian Nakhoda (2016) Pengujian dengan pengukuran tegangan generator setelah dihubungkan dengan *accumulator* pada kecepatan angin 3 m/s sampai dengan 8 m/s menghasilkan tegangan keluaran generator 4 V sampai dengan 14,3 V. Pada kecepatan angin 5 m/s sampai dengan 8 m/s dapat memutar generator dengan kecepatan 365 rpm sampai dengan 480 rpm menghasilkan tegangan 12,10 V sampai dengan 14,3 V dapat melakukan proses pengisian *accumulator* dengan arus 1,73 A sampai dengan 3,1 A.

Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran kincir dan daya yang dihasilkan. Hal tersebut diperkuat dengan penelitian yang dilakukan Mahendra (2013) kecepatan angin berpengaruh terhadap daya poros yang dihasilkan. Pada awal sampai akhir grafik hubungan antara kecepatan angin terhadap daya poros pada jumlah sudu yang sama mengalami kecenderungan yang meningkat. Semakin meningkatnya angin akan menyebabkan semakin besar momentum angin yang menumbuk turbin setiap detiknya, maka perbedaan tekanan antara bagian depan sudu dan bagian belakang sudu meningkat, sehingga gaya dorong yang dihasilkan semakin meningkat pula. Akibat dari peningkatan gaya dorong ini akan menyebabkan peningkatan dari daya poros turbin itu sendiri. Pendapat lain dan juga dilakukan penelitian secara eksperimental oleh Febrielviyanti (2015) memberikan hasil bahwa kecepatan angin dan daya yang dihasilkan

sebuah generator berbanding lurus dengan kecepatan angin. Hubungan kecepatan angin terhadap daya generator dan torsi semakin meningkat, karena daya generator dipengaruhi oleh arus dan tegangan yang semakin meningkat. Besarnya torsi dipengaruhi oleh daya generator dan kecepatan putar kincir. Dalam penelitiannya juga menunjukkan bahwa ketika kecepatan kincir semakin meningkat, sehingga efisiensi yang dihasilkan meningkat.

Penelitian Pasra (2019) menganalisis hubungan kecepatan angin terhadap daya listrik pada PLTB kapasitas 500 Watt. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan sebuah kincir angin berbanding lurus dengan kecepatan angin.

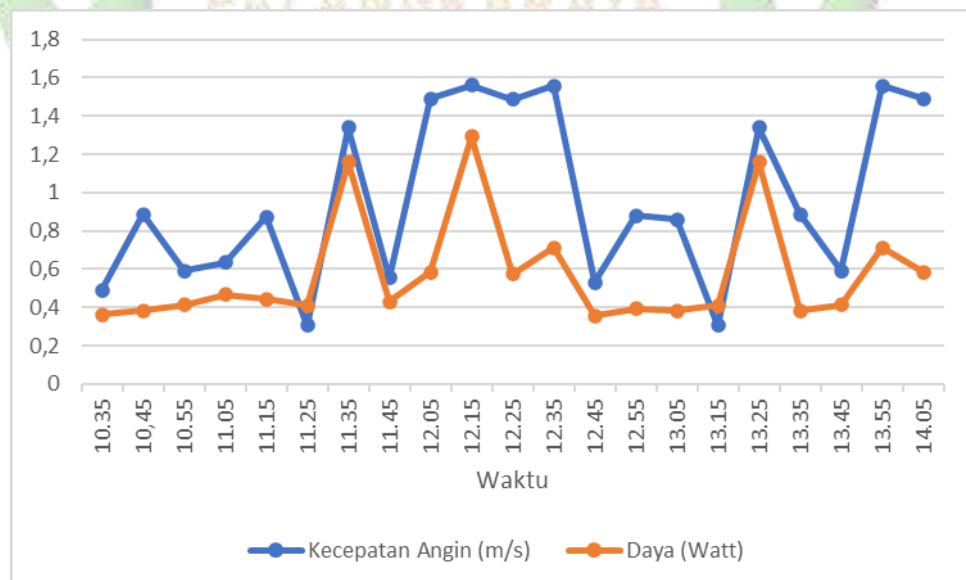
Kemudian berdasarkan data yang telah dihasilkan dengan uji coba prototipe kincir angin menggunakan angin dan cahaya matahari yang dikontrol oleh peneliti dibandingkan dengan uji coba secara langsung di lapangan. Berdasarkan hasil uji coba tersebut menghasilkan daya yang berbeda. Grafik 4.4 dan 4.5 menunjukkan perbedaan daya keluaran dari prototipe kincir angin menggunakan angin dan cahaya matahari yang dikontrol dan pada grafik 4.5 menunjukkan daya keluaran dari prototipe kincir angin menggunakan angin dan cahaya matahari secara langsung tanpa di kontrol oleh peneliti.



Grafik 4.4 Hubungan Kecepatan Angin (m/s) dan Daya (Watt)

Berdasarkan grafik tersebut daya semakin meningkat sebanding dengan kecepatan angin. Hal tersebut dengan menganggap intensitas cahaya matahari dianggap konstan. Berikutnya adalah grafik 4.5 yang menunjukkan hasil daya yang dikeluarkan oleh prototipe kincir angin.

Grafik 4.5 Hubungan Waktu, Kecepatan Angin (m/s) dan Daya



(Watt)

Berdasarkan grafik 4.5 menunjukkan daya yang dihasilkan oleh prototipe kincir angin. Garis biru menunjukkan kecepatan angin dengan satuan m/s sedangkan garis jingga menunjukkan daya dalam satuan watt. Grafik 4.5 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan dari sel surya itu konstan interval waktu pengambilan data 10 menit. Akan tetapi terjadi kejadian alam yang peneliti tidak bisa kontrol, seperti pada pukul 11.35 WIB terjadi angin dengan kecepatan 1,4 m/s sehingga memutar kincir dan menambah daya yang dihasilkan oleh kincir tersebut sehingga memberikan daya yang seketika meningkat. Akan tetapi ketika kincir angin itu diam dan tidak berputar dikarenakan kurangnya kecepatan angin yang mampu memutar kincir angin seperti pada pukul 10.35 WIB sampai dengan 11.25 WIB daya yang dihasilkan konstan.

Berdasarkan hasil perbandingan daya yang telah dilakukan pada kondisi berbeda, dimana pada percobaan pertama dilakukan menggunakan angin buatan dan percobaan kedua menggunakan angin alami. Daya yang dihasilkan Ketika menggunakan angin buatan hanya berkisar 0,00245 watt sampai dengan 0,01988 watt. Hal tersebut dikarenakan tegangan yang dihasilkan dari prototipe kincir angin rata-rata adalah 2,62 volt. Konstannya tegangan tersebut dikarenakan peneliti membatasi atau mengontrol intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan sel surya. Dan hanya berfokus pada putaran kincir angin.

Perlakuan berbeda dilakukan peneliti dengan menggunakan angin alami. Berdasarkan hasil uji coba di lapangan bahwa daya yang dihasilkan berkisar 0,3577 watt sampai dengan 1,2922 watt. Daya yang dihasilkan dari angin alami lebih besar daripada angin buatan. Hal tersebut dikarenakan angin ujicoba angin alami dilakukan di alam terbuka dan mendapat penyinaran matahari secara penuh. Sehingga sel surya mendapat tegangan yang lebih besar. Hal tersebut dapat diketahui dari tegangan yang dihasilkan sel surya ketika kincir angin tidak memutar yaitu rata-rata sebesar 3,12 volt. Selanjutnya ketika kincir angin mendapatkan terpaan angin dan memutar rotor dari kincir angin daya yang dihasilkan meningkat menjadi 1,2922 watt. Meningkatnya daya tersebut dikarenakan terjadinya tambahan daya yang dihasilkan dari generator yang diputar oleh kincir angin tersebut.

Berdasarkan hasil uji coba di tempat yang terkontrol dimana tempat tersebut adalah laboratorium dan uji coba menggunakan angin alami, tentunya di setiap tempat uji coba memiliki kelemahan dan kelebihan masing masing. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan dari masing-masing tempat uji coba.

Kelebihan angin buatan yaitu bahwa kecepatan angin dapat di kontrol sesuai dengan kebutuhan peneliti dan intensitas cahaya matahari dapat di kontrol. Kekurangan dari angin buatan yaitu bahwa daya yang dihasilkan tidak maksimum karena ada pembatasan-pembatasan dalam melakukan uji coba. Berbeda dengan angin alami dimana uji coba di

lakukan di lapangan terbuka terhadap adanya kontrol dari peneliti. Kelebihan dari angin alami yaitu dapat menghasilkan daya maksimum dari kincir angin. Hal tersebut dikarenakan kincir angin mendapatkan daya dorong angin yang maksimum dari angin alami dan mendapat intensitas cahaya matahari yang penuh tanpa adanya kontrol dari peneliti. Kekurangan menggunakan angin alami yaitu data yang dihasilkan tidak dapat konstan. Hal tersebut dikarenakan kondisi alam yang tidak dapat diduga. Seperti contoh pada saat pengambilan data dengan interval waktu di setiap pengambilan data yaitu 10 menit. Misalkan pada pukul 10.35 WIB keadaan tenang dan hanya ada hembusan angin. Terukur di anemometer hanya sekitar 0,675 m/s dimana angin tersebut belum dapat memutar kincir angin yang di kembangkan. Kemudian pada pukul 10.45 WIB tiba-tiba muncul angin dengan kecepatan yang sangat tinggi maka daya yang di hasilkan pun akan meningkat dengan drastis.

4. Tanggapan Guru

Tanggapan guru pengajar fisika di SMAN 1 Palangka Raya dengan hasil pada indikator keakuratan mendapatkan skor 51 dengan persentase 85%, kategori sangat baik dan kriteria layak. Kelengkapan sajian dengan skor 26 persentase 87% kategori sangat baik dan kriteria layak. Kesesuaian sajian dengan tuntutan pembelajaran yang terpusat pada peserta didik mendapatkan skor 51 dengan persentase 85%, kategori sangat baik dan kriteria layak. Rekapitulasi dari kelayakan produk

mendapatkan skor 154 dan persentase 86% kategori sangat baik dan kriteria sangat layak.

Hasil tanggapan guru di sekolah terdapat saran dimana prototipe atau media yang dibuat ke depannya untuk dapat direalisasikan dalam jumlah lebih dari satu. Hal tersebut bertujuan agar saat melakukan praktikum atau ketika sedang melakukan proses pembelajaran dapat dilakukan secara berkelompok dan tidak dilakukan secara bergantian. Hal tersebut dapat dicapai dengan cara melakukan penggandaan media kincir angin. Akan tetapi hal tersebut belum dapat dilakukan karena prototipe kincir angin yang dibuat belum melalui tahap uji efisiensi dan efektifitas kerja dari kincir angin. Kendala lain terkait dengan penggandaan kincir angin sebagai media pembelajaran di sekolah adalah dari segi pendanaan.

Berdasarkan tanggapan guru di Sekolah SMAN 1 Palangka Raya, Guru mata pelajaran fisika sangat mengapresiasi terhadap media prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan menggunakan lengan bilah fleksibel yang 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 pertama kali melihat sebuah alat yang dikembangkan yang dapat memanfaatkan dua sumber sekaligus. Hal tersebut menjadikan nilai lebih pada prototipe yang di kembangkan. Kelebihan lain dari pengembangan prototipe kincir angin

tersebut dapat diaplikasikan dalam dunia pendidikan ataupun dalam dunia nyata.

Prototipe yang telah dikembangkan menghasilkan sebuah media yang dapat diaplikasikan di 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 dalam satu bentuk energi kedalam bentuk energi lainya (Giancoli, 2014). Berkaitan dengan hukum kekekalan energi tersebut maka dengan media prototipe 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.

Aplikasi dalam kehidupan nyata bahwa prototipe kincir angin yang dikembangkan secara baik ke depannya, akan dapat dijadikan sebuah pembangkit listrik tenaga angin dan matahari yang dapat diaplikasikan ke daerah yang belum teraliri listrik khususnya di Kalimantan Tengah, dan menjadikan inovasi baru dalam pengembangan dalam pemanfaatan energi baru terbarukan. Bahkan, ke depannya dapat membantu sebagai pemasok listrik di Kalimantan Tengah. Hal tersebut sesuai dengan tingginya potensi

energi angin dan matahari di Kalimantan Tengah. IESR (2019) Kalimantan 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). 681 MW berupa potensi pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dan 8.459 MW berupa pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

5. Respons Peserta didik

Tanggapan peserta didik pada indikator tampilan mendapatkan skor 167 dengan persentase 74%, kategori baik dan kriteria layak. Manfaat mendapatkan skor 178 dengan persentase 79%, kategori baik dengan kriteria layak. Kemenarikan dengan skor 148 dengan persentase 79%, kategori baik dengan kriteria layak. Rekapitulasi dari kelayakan produk mendapatkan skor 493 dan persentase 77,3% kategori baik dan kriteria layak.

Bedasarkan dari 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 diperlukan. 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 repons peserta didik sudah mendapatkan kategori baik. Media yang menarik dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik dan meningkatkan prestasi belajar peserta didik. Menurut Pratiwi (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. Selanjutnya Sari (2017) menyimpulkan bahwa media dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik khususnya pada pelajaran fisika. Berikutnya Hamzah (2019) menulis hasil penelitian 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 tanggapan peserta

didik dari alat kincir angin savonius yang dikembangkan. Tanggapan 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. Bahkan media mampu menumbuhkan rasa ingin tahu peserta didik. Hal tersebut tentunya dengan diiringi dengan perannya guru dalam menjadi fasilitator dan motivator kepada peserta didik dan memberikan ruang yang cukup dalam kreativitas dan kemandirian peserta didik. Menurut Fadilah (2019) dengan bantuan media pembelajaran maka peserta didik akan merasa penasaran terhadap apa yang dilihatnya. Sehingga sebagai guru harus memberikan ruang yang cukup bagi peserta didik untuk mengungkapkan rasa ingin tahu tersebut. Peserta didik yang memiliki rasa ingin tahu terkait media pembelajaran tersebut akan mencari informasi terkait dengan apa yang ingin diketahuinya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan dengan judul “Pengembangan Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling-baling Sel Surya dengan Lengan Bilah Fleksibel”, maka dapat disimpulkan :

1. Desain prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel yaitu dengan membuat sebuah kincir angin vertikal dengan jenis savonius dengan melakukan pengembangan pada bagian bilah baling-baling menggunakan sel surya. Tahap desain prototipe dimulai dari tahap desain arsitektual, tahap perealisasiian dan tahap pengujian.
2. Kelayakan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel meliputi kelayakan desain dan kelayakan produk. Berdasarkan hasil dari validasi diperoleh untuk kelayakan desain mendapatkan skor 113 dan persentase 86% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat layak. Untuk Kelayakan produk mendapatkan skor total 140 dan persentase sebesar 82,6% dengan kategori baik dan kriteria layak.
3. Daya yang dihasilkan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel yaitu semakin besar

kecepatan angin, maka RPM dari kincir angin juga meningkat. Sehingga daya yang dihasilkan dari kincir angin juga semakin besar. Sehingga hubungan antara daya dan kecepatan angin berbanding lurus. Hal tersebut terbukti dengan data kecepatan angin 1,189 m/s dengan intensitas matahari 141,4 menghasilkan 33,9 RPM dan daya sebesar 0,00245 watt Kecepatan angin 2,233 m/s dengan intensitas matahari 120,1 menghasilkan 68,9 RPM dan daya sebesar 0,01988 watt.

4. Tanggapan guru dan peserta didik tentang hasil pengembangan prototipe kincir angin savonius menggunakan bilah baling-baling sel surya dengan lengan bilah fleksibel berdasarkan hasil untuk tanggapan guru mendapatkan skor 154 dengan persentase 86% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat layak Tanggapan peserta didik mendapatkan skor 493 dan persentase 77,3% dengan kategori baik dan kriteria layak.

B. Saran

Adapun beberapa saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya terkait kincir angin adalah :

1. Desain yang digabungkan sebagai media pembelajaran lebih praktis.
2. Proses pemilihan desain lengan bilah fleksibel yang menjadikan bilah tidak bisa bergerak pada satu sisi jika diterpa angin.
3. Perlunya memperhatikan masing-masing massa pada setiap komponen bilah baling-baling agar tidak mempengaruhi putaran.

4. Kincir angin belum melalui tahap efektif dan efisiensi, sehingga diharapkan penelitian berikutnya dapat menghitung nilai efektifitas dan efisiensinya.
5. Media yang dibuat lebih dari satu, bertujuan untuk pembelajaran yang bersifat pembagian kelompok.
6. Pembuatan desain bentuk dari lengan bilah kincir angin sebaiknya menggunakan bentuk bilah yang sesuai dengan karakteristik kincir angin.
7. Bentuk pemasangan sel surya pada masing-masing bilah alangkah baiknya jika dapat memasang lebih rapi dan menghitung daya yang dikeluarkan dari sel surya per masing-masing bilah.
8. Desain yang skat *output* dari sel surya ke bagian rotor alangkah baiknya di desain ulang yang dapat meminimalisir gesekan pada putaran kincir angin. Sehingga putaran kincir angin tidak mengalami penghambatan yang besar.
9. Pemilihan bahan yang kuat dan tahan terhadap karat.
10. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai hubungan hasil belajar peserta didik sebelum dan setelah menggunakan media pembelajaran kincir angin.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi., H., R & Budi Jatmiko. (2004). *Listrik Dinamis*. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan: Departemen Pendidikan Nasional.
- 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.
- Ayman E., Darhmaoui H., & Sheikh N. 2017. *Savonius Vertical Wind Kincire: Design, Simulation, And Physical Testing*. School of Science and Engineering: University Honors Program.
- Caniago, Z. B. (2006). *Kecepatan korosi oleh 3 bahan oksidan pada plat besi*. *GRADIEN: Jurnal Ilmiah MIPA*, 2(2), 161-166.
- Canra, D., Haris, E., & Suliono, S. (2019, January). *Analisa Busur Sudu Turbin Angin Savonius Tipe-U Menggunakan Perangkat Lunak*. In *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa)* (No. 4, pp. 1-7).
- Cristina, Mediastika, E. 2013. *Hemat Energi & Lestari Lingkungan Melalui Bangunan*. CV. Andi Offset: Yogyakarta.
- Daryanto, Y. 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAGG - UPT-LAGG.
- Daryanto. 2014. *Konsep Dasar Teknik Elektronika Kelistrikan*. Alfabeta: Bandung.
- Fadilah, I., & Kartini, S. T. (2019). *Identifikasi Sikap Rasa Ingin Tahu Siswa Terhadap Pembelajaran Fisika Di Man 1 Batanghari*. *Sukma: Jurnal Pendidikan*, 3(2), 217-231.
- Febrielyanti, F., Ginting, M., & Zulkarnain, Z. (2015). *Konversi Energi Angin Menjadi Energi Listrik dalam Skala Laboratorium* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Giancoli., D. (2014). *Fisika Edisi Ketujuh Jilid 1*. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2005). *Fisika Dasar Edisi ke-7 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: Potensi, Kapasitas Terpasang, dan Rencana Potensi Pembangkit Listrik Terbarukan 2019*.
- 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.
- Mahendra, B., Soenoko, R., & Sutikno, D. (2013). *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Type L*. 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.
- Pasra, N., & Putri, T. W. O. (2019). *Analisis Hubungan Kecepatan Angin Terhadap Daya Listrik Pada Pltb Kapasitas 500 Watt*. *Prosiding Semnastek 2019*, 1(1).
- 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* (Vol. 288, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.
- Prasetiojati, R. 2019. *Unjuk kerja kincir angin savonius dua sudu dua tingkat dengan variasi sirip aerodinamis 90⁰ pada bagian depan, tengah, dan belakang sudu*. Yogyakarta: Universitas Santa Dharma.
- Pratiwi, I. T., & Meilani, R. I. (2018). *Peran media pembelajaran dalam meningkatkan prestasi belajar siswa*. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 3(2), 33.
- Putra, N. (2012). *Research and development : penelitian dan pengembangan: suatu pengantar*. Raja Grafindo Persada: Jakarta

- Rines, I. (2017). *Unjuk Kerja Model-Model Kincir Angin Savonius Dua Tingkat Dengan Kelengkungan Sudu Termodifikasi*. Media Teknika, 11(1).
- Safitri, N., Teuku, R., & Shafira, R. (2019). *Buku Teknologi Photovoltaic*. Yayasan Puga Aceh Riset: Aceh.
- 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.
- Soelaiman, F., Tandian, N. P., & Rosidin, N. (2006). *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside untuk Penerangan Jalan Tol*. Bandung. ITB.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sunarto, R. (2015). *Pengantar Statistika untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi Komunikasi dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta.
- Sutarno. (2013). *Sumber Daya Energi*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Thiagarajan, S., Dorothy., dan Melvyn. 1974. *Intructional development for training teachers of exceptional children*. Indiana: Indiana University Bloomington.
- Triadi, S. (2019). *Prototype Pembangkit Listrik Hybrid Turbin Angin dan Panel Surya*. Prototype Pembangkit Listrik Hybrid Turbin Angin dan Panel Surya, 1-17.
- Trethewey, K.R. and J. Chamberlain. (1991). *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta,
- Trikurniawan, Yohanes Wahyu. 2017. *Karakteristik Turbin Angin Savonius Termodifikasi Empat Sudu dengan Lima Vareasi Sudut Pitch Rotor Turbin*. Universitas Sanata Dharma: Yogyakarta.
- Untung Surya Dharma, Masherni. (2016). *Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius*, TURBO Vol. 5 No. 2. 2016, Teknik Mesin, Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Metro, Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Metro, Lampung.

- 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).
- Widodo, S. B., Adlie, T. A., & Umar, H. (2014). *Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Dua Tingkat Empat Sudu Lengkung L*. *Jurutera*, 1(01), 14-17.
- Widoyoko, E. P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian (Edisi I)*. Yogyakarta: PUSTAKA PELAJAR.
- Young, Houg D., & Roger A. Freedman. 2000. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Penerbit Erlangga: Jakarta

