

**Pengembangan Turbin Angin Untuk Feeder
Aquarium Mandiri Energi sebagai Media
Pembelajaran Fisika SMA**

Skripsi

Disusun untuk melengkapi syarat-syarat guna memperoleh gelar
sarjana pendidikan



*Building
Future
Leaders*

BAGUS ANDRIANTO

3215133240

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2017

ABSTRAK

BAGUS ANDRIANTO. Pengembangan Turbin Angin untuk Feeder Aquarium Mandiri Energi. **Skripsi.** Jakarta : Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan turbin angin untuk feeder aquarium mandiri energi yang layak digunakan sebagai media pembelajaran. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (RnD)* yang mengacu pada model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*). Media turbin angin yang dikembangkan mengacu kepada masalah krisis energi saat ini. Media yang dihasilkan diharapkan dapat digunakan oleh guru dalam proses belajar mengajar. Selain itu, agar dapat memberikan referensi kepada siswa dalam menghadapi krisis energi saat ini. Sebelum diuji coba kepada siswa, terlebih dahulu dilakukan uji kelayakan oleh ahli media dan materi berupa angket dengan menggunakan skala Likert 1-4. Apresiasi yang diberikan oleh ahli media adalah 96,43% dengan kategori “sangat baik”, dan ahli materi sebesar 79,41% dengan kategori “sangat baik”. Sementara uji coba produk yang dilakukan di SMAN 1 Lohbener, Indramayu memberikan hasil sebesar 86,11 %. Berdasarkan data uji kelayakan dan uji coba produk, dapat disimpulkan bahwa media turbin angin untuk feeder aquarium mandiri energi layak digunakan sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran fisika.

Kata Kunci : *Media Pembelajaran, Turbin angin, Aquarium Mandiri Energi*

ABSTRACT

BAGUS ANDRIANTO. The Development of Wind Turbines for Independent Aquarium Energy Feeder. **Essay.** Jakarta: Physics Education Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Jakarta State University. 2017.

This study aims to develop wind turbines for independent aquarium energy feeders that are suitable to be used as a learning media. The research method used is Research and Development (RnD) which refers to the development model of ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). The development of wind turbine media refers to the current energy crisis. The resulting media is expected to be used by teachers as a learning process. Moreover, it is used to provide reference of current energy crisis for students.

Before the media is tested to the students, validation of the media is done by media experts and content in the form of questionnaire using Likert scale 1-4. The appreciation given by media expert is 96.43% with the category of "very good", and content expert of 79.41% with the category "very good". While the product trial conducted at SMAN 1 Lohbener, Indramayu gave the result of 86.11%.

Based on the validation test and product trial data, it can be concluded that the wind turbine media for independent aquarium energy feeder is suitable to be used as a learning medium for learning physics

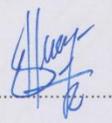
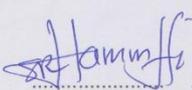
Keywords: Learning Media, Wind Turbine, Independent Aquarium Energy.

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

PENGEMBANGAN TURBI ANGIN UNTUK FEEDER AQUARIUM MANDIRI ENERGI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN

Nama : Bagus Andrianto
No. Reg. : 3215133240

	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Penanggungjawab			
Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005		23/8/17
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Muktiningsih, M.Si. NIP. 19640511 198903 2 001		23/8/17
Ketua	: Dr. Sunaryo, M.Si. NIP. 19550303 198703 1 002		10/8/17
Sekretaris	: Dwi Susanti, M.Pd. NIP. 19810621 200501 2 004		19/8/17
Anggota			
Pembimbing I	: Dr. Desnita, M.Si. NIP. 19591208 198403 2 001		10/8/17
Pembimbing II	: Dra. Raihanati, M.Pd. NIP. 19570806 198210 2 001		17/8/17
Penguji	: Prof. Dr. I Made Astra, M.Si. NIP. 19581212 198403 1 004		17/8/17

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal: 15 Agustus 2017

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini, saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Bagus Andrianto
Nomor Registrasi : 3215133240
Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul "***Pengembangan Turbin Angin untuk Feeder Aquarium Mandiri Energi Sebagai Media Pembelajaran Fisika SMA***", adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan Desember 2016 – Agustus 2017
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, 18 Agustus 2017


Bagus Andrianto

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tidak ada yang tak bisa ditaklukan dan dikalahkan, kecuali Orang tua dan ALLAH SWT...

Puji Syukur Kepada Allah S.W.T. yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta nikmat yang tidak akan ada habisnya kepada saya sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini . Skripsi ini saya persembahkan kepada orang-orang hebat dalam hidup saya:

1. Orang tua saya. Motivasi, waktu, doa, dan ridho nya telah membuat saya selalu bersemangat untuk terus berjuang hingga saat ini. Semoga dengan skripsi ini, dapat mengukir senyum bahagia kepada kedua orang tua saya.
2. Adik-adik saya yang senantiasa mendoakan dan memotivasi saya.
3. Teman-teman dari BP Fams yang selalu mendoakan, menyemangati, menjadi mentor diskusi dan pelepas penat dalam penyusunan skripsi.
4. Teman-teman laboratorium angkatan 5 yang senantiasa memotivasi dan mendorong saya agar segera menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman Merpala yang senantiasa mendoakan dan menyemangati.
6. Grup The Rantang (Slamet, Sandy, Cahya) yang memotivasi selalu dan menyemangati dikala semangat fluktuatif.
7. Teman-teman PFR 2013 seperjuangan yang senantiasa mendoakan dan memotivasi dalam penyelesaian skripsi ini.

Tanpa kalian semua, tak mungkin bisa terselesaikan skripsi ini. Terima kasih semuanya...

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas berkah dan rahmatNya lah, skripsi yang berjudul “Pengembangan Turbin Angin untuk Feeder Aquarium Mandiri Energi Sebagai Media Pembelajaran” dapat terselesaikan. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk melengkapi syarat-syarat guna memperoleh gelar sarjana pendidikan pada program Strata-1 pada program studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan, bimbingan, motivasi, serta doa dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu :

1. Dr. Desnita, M.Si. sebagai pembimbing pertama atas waktu, tenaga, kesabaran, motivasi, serta gagasan dan kesabaran dalam memberikan bimbingan.
2. Dra. Raihanati, M.Pd. sebagai pembimbing kedua atas waktu, tenaga, kesabaran, serta motivasi yang telah diberikan selama melakukan bimbingan.
3. Dr. Esmar Budi M.T. sebagai Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.
4. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Fisika dan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.
5. Dwi Susanti, M.Pd. sebagai ahli media dalam pembuatan media turbin angin untuk feeder aquarium mandiri energi yang telah dikembangkan.
6. Prof. Dr. I Made Astra, M.Si sebagai ahli materi dalam pembuatan media turbin angin untuk feeder aquarium mandiri energi yang telah dikembangkan.

7. Rustano, S.T. dari SMAN 1 Lohbener,Indramayu yang telah membantu dalam terlaksananya uji coba produk.
8. Orangtua serta keluarga tercinta yang selalu mendukung dan mendoakan proses penelitian.
9. Keluarga laboratorium RnD Fisika yang senantiasa memberi semangat dan motivasi selama proses penelitian.
- 10.Teman-teman Pendidikan Fisika 2013 yang telah memberikan motivasi untuk terus berkembang
- 11.Teman-teman dari BPF fams dan Merpala yang selalu memotivasi dan membantu saat terjadi kesulitan.
- 12.Serta seluruh pihak yang telah membantu selama penelitian dan penulisan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran penulis harapkan demi kesempurnaan penelitian-penelitian berikutnya.

Jakarta, Agustus 2017

Bagus Andrianto

3215133240

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Fokus Penelitian.....	6
D. Perumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat penelitian	7
BAB II KAJIAN TEORETIK	8
A. Penelitian dan Pengembangan (RnD).....	8
1. Pengertian Penelitian Pengembangan.....	8
2. Model Penelitian Pengembangan ADDIE	9
B. Gerak Melingkar	12
C. Induksi Elektromagnetik.....	14
D. Turbin Angin	17
E. Media Pembelajaran	24
F. Energi	26
1. Pengertian Energi	26
2. Sumber-Sumber Energi	27
3. Pembangkit Listrik Energi Terbarukan	28
4. Pembangkit ListrikEnergi Tak Terbarukan	30
5. Energi Alternatif	34
G. Prinsip Kerja Alat.....	38
H. Kerangka Teoretik	39
1. Penelitian yang Relevan	39
2. Kerangka Berpikir	41

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	42
A. Tujuan Operasional Penelitian	42
B. Tempat dan Waktu Penelitian	42
C. Metode Penelitian.....	42
D. Desain Penelitian	43
E. Langkah-langkah Penelitian	43
1. Tahap Analisis (<i>Analyze</i>).....	43
2. Tahap Perancangan Produk (<i>Design</i>).....	45
3. Tahap Pengembangan Produk (<i>Development</i>).....	47
4. Tahap Impelementasi Produk (<i>Implementation</i>).....	49
5. Tahap Evaluasi (<i>Evaluation</i>)	49
F. Instrumen Penilaian.....	50
1. Instrumen Ahli Media	50
2. Instrumen Ahli Materi	51
G. Teknik Pengumpulan Data.....	51
H. Teknik Analisis Data	52
1. Uji Ahli dan Sasaran Pengguna	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
A. Hasil Penelitian.....	54
1. Tahap Pengembangan Alat.....	54
2. Tahap Pembuatan	56
3. Uji Coba Media Turbin Angin.....	59
4. Uji Kelayakan dan Revisi Produk.....	61
5. Uji Coba Produk	64
B. Pembahasan	65
BAB V KESIMPULAN dan SARAN	69
A. Kesimpulan.....	69
B. Implikasi	69
C. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70
Lampiran.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbedaan evaluasi formatif dan sumatif	11
Tabel 3.1 . Instrumen penilaian ahli media	50
Tabel 3.2. Instrumen penilaian ahli materi	51
Tabel 3.3. Skala Likert	52
Tabel 3.4. Skala Interpretasi skor	53
Tabel 4.1. Komponen Media Turbin Angin.....	54
Tabel 4.2. Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus.....	60
Tabel 4.3. Daya yang Dihasilkan	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Data energi alternatif di Indonesia	2
Gambar 2.1. Tahapan model ADDIE	9
Gambar 2.2 . Eksperimen Faraday	14
Gambar 2.3. Fluks magnet pada loop kawat pipih	15
Gambar 2.4. Generator AC.....	16
Gambar 2.5. Bentuk sayap turbin angin.....	19
Gambar 2.6. Generator.....	20
Gambar 2.7. Generator 3 fasa	20
Gambar 2.8. Panel kontrol	21
Gambar 2.9. Tiang penyangga turbin angin.....	21
Gambar 2.10. Gearbox	22
Gambar 2.11. Rotor Hub.....	22
Gambar 2.12. Rem dan Kopling.....	23
Gambar 2.13. Transmisi	23
Gambar 2.14. Nasel.....	23
Gambar 2.15. Konstruksi turbin angin sumbu vertikal.....	39
Gambar 2.16. Konstruksi turbin angin sumbu horizontal	40
Gambar 3.1. Rancangan turbin angin	46
Gambar 4.1. Penampang angin turbin angin	57
Gambar 4.2. Lengan turbin angin	57
Gambar 4.3. Memasang penampang dengan lengan turbin	58
Gambar 4.4. Memasang bilah turbin pada penampang turbin	58
Gambar 4.5. Memasang turbin pada penyangga.....	58
Gambar 4.6. Media turbin angin.....	59
Gambar 4.7. Uji kelayakan ahli media	62
Gambar 4.7. Uji kelayakan ahli materi	63
Gambar 4.8. Uji coba produk	65

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Menurut Badan Pusat Statistik Kependudukan (2015), Jumlah penduduk di Indonesia, terutama di DKI Jakarta terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, baik Karena pertumbuhan alami maupun Karena faktor imigrasi. Berdasarkan hasil proyeksi penduduk dari hasil sensus penduduk, jumlah penduduk di DKI Jakarta tahun 2013 sebesar 9,97 juta jiwa. Tahun 2014 penduduk DKI Jakarta meningkat menjadi 10,08 juta jiwa (Meningkat hampir 105 juta jiwa setahun) atau dapat dikatakan secara rata-rata penduduk DKI Jakarta setiap jamnya bertambah 12 orang.

Menurut data dari Badan Pusat Statistik Energi dan Air Bersih (2015), Pertambahan jumlah penduduk tentunya akan berdampak pada beberapa sektor, salah satunya adalah kebutuhan listrik di DKI Jakarta. Aktifitas masyarakat ibukota yang seperti tiada henti selama 24 jam mendorong tingginya konsumsi listrik di DKI Jakarta. Setiap tahunnya kebutuhan listrik naik 7-8 persen dan saat ini kebutuhan daya listrik di DKI Jakarta mencapai 7,5 gigawatt perhari dan jumlah itu belum sepenuhnya dapat terpenuhi Karena peningkatan pasokan listrik belum mampu mengimbangi peningkatan kebutuhan listrik. Di tahun 2014 produksi listrik yang terjual melalui PLN di DKI Jakarta sebesar 3,3 persen dengan jumlah pelanggan naik sebesar 6,67 persen atau menjadi 4,8 juta pelanggan dari 4,5 juta pelanggan.

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM (2014) Harga tarif dasar listrik yang semakin meningkat membuat masyarakat harus bisa memutar otak dalam memanfaatkan energi listrik. Penetapan tarif dasar listrik mencapai Rp 495 per Kwh untuk batas daya 450 VA, Rp 500 per Kwh untuk batas daya 900 VA, Rp 1.352 per kWh untuk batas

daya 1.300 VA dan 2.200 VA dan Rp 1.525 per kWh untuk batas daya 3.500 VA sampai dengan 6.600 VA.

Menurut Park Young So (2014), Dari aspek penyediaan, Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumber daya energi baik yang bersifat *unrenewable resources* maupun yang bersifat *renewable resources*. Namun demikian, eksplorasi sumber daya energi lebih banyak difokuskan pada energi fosil yang bersifat *unrenewable resources*, sedangkan energi yang bersifat *renewable* relative belum banyak dimanfaatkan, padahal dari segi sumber daya, Indonesia sangat berpotensi untuk memanfaatkan *renewable resources*. Kondisi ini menyebabkan ketersediaan energi fosil, khususnya minyak mentah semakin langka yang menyebabkan Indonesia saat ini menjadi net importir minyak mentah dan produk produk turunannya.

Menurut Direktorat Konservasi Energi, KESDM (2014:5), cadangan energi minyak mentah Indonesia hanya dapat diproduksi atau habis dalam waktu 83 tahun. Di sisi lain, energi alternatif saat ini belum dimanfaatkan dengan maksimal padahal sangat menjanjikan untuk menggantikan sumber energi fosil. Berikut adalah data cadangan energi nasional dari energi terbarukan pada tahun 2001 :

Jenis Energi	Potential	Equivalen	Pemanfaatan	Kapasitas Tepasang
Tenaga Air	845 juta SBM	75,67 GW	6851 GWJaml	3854 MW
Panas Bumi	219 juta SBM	19,66 GW	2593,5 GWjam	802 MW
Mikro hydro	458,75 MW	458,75 MW		54 MW
Biomasa		49,81 GW		302,4 MW
Energi Matahari		4,8Kwjam/m ² /hari		5 MW
Energi angin		3-6 m/dtk		0,5 MW

**Sumber : Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi-Departemen Energi dan Sumber daya mineral, 2003*

Gambar 1.1 Data energi alternatif di indonesia

Soeripno MS (2011) menyatakan bahwa beberapa negara maju sudah menggunakan energi angin sebagai sumber energinya. Hingga akhir 2010, kapasitas energi angin yang terpasang di dunia sebesar 196,63 GW. Cina dengan 26.010 MW, USA 35.195 MW, Jerman 25.777 MW, Spanyol 19.145 MW, dan India dengan 10.125 MW. Di Indonesia sendiri pemanfaatan energi angin baru mencapai sekitar 2 MW.

Syahrul (2008) menyampaikan peta estimasi potensi angin (Ketinggian standar 10 m), mengkategorikan kecepatan angin rata-rata di Indonesia (0 - 4,4) m/s, (4,4 – 5,1) m/s, (5,1 – 5,6) m/s. data dari stasiun pengukuran BKMG menunjukkan 50 lebih lokasi memiliki kecepatan angin (3-5) m/s, sementara hasil pengukuran LAPAN menunjukkan 30 lebih lokasi memiliki kecepatan angin juga antara (3-5) m/s. meskipun relatif terbatas, informasi potensi angin yang ada memberikan indikasi bahwa aplikasi turbin angin kecil dan menengah cukup potensial di Indonesia. Kecepatan angin yang lebih tinggi untuk turbin angin yang lebih besar bisa dilakukan dengan menambah ketinggian turbin angin. Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan, didapatkan kecepatan angin berkisar antara 2 m/s sampai dengan 5 m/s. Kecepatan tersebut sudah cukup untuk memutar kincir angin dan menghasilkan daya listrik.

Berdasarkan Dirjen Ketenagalistrikan ESDM (2016), Pemerintah sudah melakukan beberapa cara untuk mengatasi permasalahan krisis energi seperti dengan membuat proyek pembangkit listrik 35000 MW yang saat ini sedang di jalankan dan rencananya akan selesai dan digunakan pada tahun 2019 mendatang. Berdasarkan Silabus Fisika SMA Kurikulum 2013 revisi (2016), Kegiatan pembelajaran dapat dikaitkan dengan objek dan fenomena yang terjadi di lingkungan terdekat. Selain itu dikaitkan dengan konteks global misalnya perubahan iklim, pemanasan global, sumberdaya energi dan energi alternatif, serta perkembangan teknologi digital.

Pada silabus Fisika SMA kurikulum 2013, ada beberapa materi yang berkaitan dengan turbin angin, yaitu mengenai gerak melingkar, hubungan roda-roda, imbas elektromagnetik dan energi terbarukan. Namun pada penelitian ini, peneliti memilih KD 3.11 : menganalisis keterbatasan sumber energi dan dampaknya dalam kehidupan dan KD 4.11 : Menyajikan ide/gagasan penyelesaian masalah keterbatasan sumber energi, energi alternatif, dan dampaknya bagi kehidupan.

Untuk melakukan kegiatan pembelajaran diperlukan komponen pendukung, pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no 32 Tahun 2013 pasal 1 tentang Standar Nasional Pendidikan yang menyatakan standar sarana dan pra sarana adalah kriteria mengenai ruang belajar, tempat berolahraga, tempat beribadah, perpustakaan, laboratorium, bengkel kerja, tempat bermain, tempat berkreasi dan berekreasi serta sumber belajar lain yang diperlukan untuk menunjang proses pembelajaran, termasuk penggunaan teknologi informasi dan komunikasi.

Standar proses Kurikulum 2013 edisi revisi, menuntut pelaksanaan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, melatih ketrampilan proses sains, melatih kemampuan menyelesaikan masalah, serta dirasakan manfaatnya bagi peserta didik atau memiliki kebermaknaan.

Berdasarkan hasil observasi di sejumlah Sekolah Menengah Atas di Jakarta, masih sedikit yang menyediakan alat praktikum turbin angin. Jika ada, sumber energi untuk menggerakkan turbin angin masih menggunakan listrik, bukan menggunakan angin alami. Keberadaan turbin angin di sekolah belum memberikan kebermaknaan bagi peserta didik, karena baru sebatas memperlihatkan bagaimana energi angin dapat dirubah menjadi energi listrik. Energi tersebut belum digunakan untuk mengatasi kebutuhan energi, baik di masyarakat maupun di lingkungan sekolah.

Terkait dengan materi pelajaran energi terbarukan, kurikulum mengamanatkan ada ide atau gagasan dari peserta didik tentang energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi kebutuhan energi di lingkungan sekolah atau masyarakat. Untuk itu perlu pengalaman belajar langsung tentang penerapan sekaligus pemanfaatan energi listrik dari angin tersebut.

Masyarakat, khususnya rumah tangga menggunakan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan pokok seperti untuk penerangan, setrika, dan mesin cuci; kebutuhan akan kenyamanan seperti AC, kulkas, kipas angin, dan alat masak listrik; serta untuk hiburan dan prestise seperti televisi, *home theater*, dan aquarium.

Aquarium membutuhkan energi listrik untuk pompa air sekitar 25-40 watt dan penerangan atau aksesories sekitar 20 watt. Kebutuhan energi tersebut relatif kecil dibandingkan kebutuhan rumah tangga secara keseluruhan. Namun pemakaian energi kecil yang terus menerus, untuk satu bulan akan menjadi cukup besar dan membebani penggunaanya.

Mengingat potensi angin yang cukup bagus di wilayah DKI Jakarta, tuntutan standar proses dan tuntutan standar sarana-prasarana pembelajaran fisika SMA, memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik, serta belum sempurnanya media turbin angin yang terdapat di sejumlah sekolah maka perlu dikembangkan turbin angin yang menggunakan energi angin alami untuk media pembelajaran berbasis masalah dengan memvariasikan kecepatan angin alami yang ada di lingkungan sekolah. Dengan adanya media ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran yang baik sehingga siswa tertarik mengembangkan energi alternatif. Oleh Karena itu, peneliti perlu dilakukan penelitian dengan judul **“Turbin Angin Untuk Feeder Aquarium Mandiri Energi sebagai Media Pembelajaran Fisika SMA”**.

B. Identifikasi Masalah

- a. Bagaimana penggunaan energi angin sebagai energi alternatif di DKI Jakarta?
- b. Apakah turbin angin cocok di terapkan di Indonesia?
- c. Bagaimana cara kerja Turbin Angin untuk feeder aquarium mandiri energi?
- d. Berapa daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh turbin angin?
- e. Apakah alat turbin angin dapat berfungsi sebagai feeder energy sebuah aquarium?
- f. Bagaimana turbin angin untuk feeder Aquarium Mandiri Energi dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran fisika SMA?
- g. Apakah turbin angin untuk feeder Aquarium Mandiri Energi layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika SMA?

C. Fokus Penelitian

Berdasarkan identifikasi masalah dan keterbatasan tenaga, waktu, dan dana penelitian, maka penelitian difokuskan pada pengembangan turbin angin untuk feeder Aquarium Mandiri Energi yang layak digunakan sebagai media pembelajaran Fisika SMA.

D. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah, “ Apakah turbin angin untuk feeder Aquarium Mandiri Energi layak digunakan sebagai media pembelajaran Fisika SMA.?”

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan Turbin Angin untuk feeder Aquarium Mandiri Energi yang layak digunakan sebagai media pembelajaran Fisika SMA.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti, penelitian ini dapat memberikan pengetahuan pada bidang pengembangan media pembelajaran dan sebagai salah satu penyelesaian tugas akhir.
2. Bagi Guru, penelitian ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran dalam proses belajar mengajar berbasis masalah.
3. Bagi peserta didik, penelitian ini dapat meningkatkan kesadaran tentang masalah krisis energi dan meningkatkan ketertarikan untuk mengembangkan energi alternatif.
4. Bagi universitas, penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk sumber energi lain selain dari PLN.

BAB II

KAJIAN TEORITIK

A. Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*)

1. Pengertian Penelitian Pengembangan

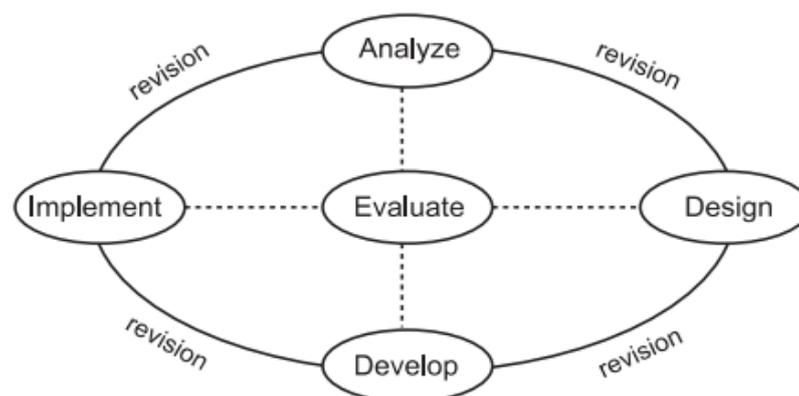
Penelitian dan pengembangan adalah suatu metode yang digunakan untuk bisa mendapatkan suatu produk yang baru ataupun memperbaiki produk yang sudah ada, dimana produk yang dihasilkan dapat berupa software ataupun hardware. Sugiyono (2012) menyatakan bahwa metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Sementara itu, Sukmadinata (dalam Sri Haryati, 2012) mengemukakan penelitian dan pengembangan merupakan pendekatan penelitian untuk menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada. Produk yang dihasilkan bisa berbentuk software, ataupun hardware seperti buku, modul, paket, program pembelajaran ataupun alat bantu belajar. Penelitian dan pengembangan berbeda dengan penelitian biasa yang hanya menghasilkan saran-saran bagi perbaikan, penelitian dan pengembangan menghasilkan produk yang bisa digunakan.

Metode penelitian pengembangan telah banyak digunakan pada bidang-bidang ilmu alam dan teknik. Hampir semua produk teknologi, seperti alat-alat elektronik, kendaraan bermotor, pesawat terbang, senjata, obat-obatan, alat-alat kedokteran, bangunan gedung bertingkat dan alat-alat rumah tangga yang modern diproduksi dan dikembangkan melalui penelitian dan pengembangan. Namun demikian metode penelitian bisa juga digunakan dalam bidang ilmu-ilmu social seperti psikologi, sosiologi, manajemen dan

pendidikan. Dari pernyataan diatas maka penelitian pengembangan telah banyak membantu manusia untuk memudahkan kegiatan manusia Karena hampir seluruh aspek kehidupan manusia sudah melakukan penelitian pengembangan.

2. Model Pengembangan ADDIE

Menurut Branch (2009), ADDIE merupakan singkatan dari *Analyze, Design, Development, Implementation and Evaluation*. Model ADDIE ini telah diaplikasikan dalam dunia pendidikan. Filosofi pendidikan untuk menerapkan ADDIE harus berlandaskan siswa sebagai pusat pembelajaran, inovatif, autentik dan menginspirasi. Pembuatan sebuah produk pembelajaran dengan menggunakan model ADDIE merupakan sebuah kegiatan yang menggunakan perangkat yang efektif. ADDIE yang membantu menyelesaikan permasalahan pembelajaran yang kompleks dan juga mengembangkan produk-produk pendidikan pembelajaran.



Gambar 2.1 Tahapan model ADDIE

Menurut I Made Tegeh (2014), Model ADDIE merupakan salah satu model desain pembelajaran sistematis. Berikut adalah tahapan-tahapan pada model ADDIE:

1. Tahap Analisis (*Analyze*)

Tahap ini meliputi kegiatan sebagai berikut :

- a. Melakukan analisis kompetensi yang dituntut kepada peserta didik
- b. Melakukan analisis karakteristik peserta didik tentang kapasitas belajarnya, pengetahuan, keterampilan, sikap yang telah dimiliki peserta didik serta aspek lain yang terkait
- c. Melakukan analisis materi sesuai dengan tuntutan kompetensi

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap ini melakukan perencanaan dengan suatu kerangka acuan yang mengacu pada empat unsur penting dalam perancangan pembelajaran yaitu peserta didik, tujuan, metode, dan evaluasi.

3. Tahap Pengembangan (*Development*)

Inti kegiatan pada tahap ini adalah kegiatan menerjemahkan spesifikasi desain ke dalam bentuk fisik, sehingga kegiatan ini menghasilkan *prototype* produk pengembangan.

4. Tahap Implementasi (*Implementation*)

Prototype produk pengembangan perlu diujicobakan secara riil di lapangan untuk memperoleh gambaran tentang tingkat keefektifan, kemenarikan dan efisiensi. Keefektifan berkenaan dengan sejauh mana produk pengembangan dapat mencapai tujuan atau kompetensi yang diharapkan.

Efisiensi berkaitan dengan penggunaan segala sumber seperti dana, waktu, dan tenaga untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap terakhir adalah melakukan evaluasi yang meliputi evaluasi formatif dan evaluasi sumatif. Evaluasi formatif dilakukan untuk mengumpulkan data pada setiap tahapan yang digunakan untuk penyempurnaan dan evaluasi sumatif dilakukan pada akhir program untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil belajar peserta didik dan kualitas pembelajaran secara luas.

Tabel 2.1 Perbedaan evaluasi formatif dan sumatif

Aspek Pembeda	Bentuk Evaluasi	
	Formatif	Sumatif
Komponen	Bagian	Keseluruhan
Instrumen	Buatan sendiri	Standar
Pelaksana	Intern	Ekstern
Fungsi	Perbaikan	Efektivitas
Sifat	Kontinu	Satu tahapan

Pada penelitian pengembangan pada umumnya hanya dilakukan evaluasi formatif, Karena jenis evaluasi ini berhubungan dengan tahapan penelitian pengembangan untuk memperbaiki produk pengembangan yang dihasilkan.

B. Gerak Melingkar

Menurut Cutnell (2013), gerak melingkar adalah gerak yang lintasannya berbentuk lingkaran. Pada gerak melingkar, terdapat sumbu rotasi. Besaran yang terdapat pada gerak melingkar antara lain perpindahan anguler, kecepatan anguler, percepatan anguler, dan gaya sentripetal.

a. Perpindahan anguler

Sudut yang dilalui oleh benda padat yang berputar pada sumbu putar disebut perpindahan anguler. Saat benda berputar disekitar sumbu putar, perpindahan angulernya adalah sudut $\Delta\theta$ yang melalui semua titik pada benda. Anguler akan bernilai positif jika melawan jarum jam. Dan akan negatif jika searah jarum jam.

Perpindahan Anguler memiliki 3 buah satuan. Yang paling familiar adalah derajat. Yang kita tahu bahwa 360 derajat dalam lingkaran. yang kedua adalah putaran (rev). dimana satu putaran adalah 360°. Yang paling sering digunakan dalam satuan internasional adalah radian (rad).

$$\theta (\text{dalam radian}) = \frac{s}{r}$$

Berdasarkan persamaan diatas, maka sudut dalam radian adalah perbandingan dua satuan panjang. Dalam perhitungan tentunya radian hanya berupa angka tanpa satuan dan tidak berpengaruh pada satuan lain dalam perhitungan. Radian jika dihubungkan dengan perputaran penuh 360° dapat dihitung dengan persamaan :

$$\theta = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad}$$

$$\text{Dengan } 1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,3^\circ$$

b. Kecepatan sudut

Kecepatan linear dapat diartikan sebagai seberapa cepat sebuah objek berpindah dan menjadi alasan dari gerakan tersebut. Dalam gerak melingkar, mempunyai kecepatan sudut. Kecepatan sudut didefinisikan sebagai laju perubahan sudut dalam selang waktu tertentu. Kecepatan sudut dirumuskan dengan persamaan :

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Jika benda berputar satu putaran penuh, sudut yang ditempuh benda sebesar 2π rad. Waktu untuk satu putaran adalah periode putaran benda. Sehingga, untuk satu putaran :

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Sedangkan untuk laju linear didefinisikan sebagai panjang lintasan yang ditempuh dalam satuan waktu.

$$v = \frac{s}{t}$$

Jika benda berputar satu putaran, s = keliling lingkaran = $2\pi r$, maka:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$$

Dari persamaan tersebut, didapatkan hubungan antara kecepatan linear dan kecepatan sudut sebagai berikut:

$$v = 2\pi r f = \omega r$$

c. Percepatan sudut

Percepatan sudut adalah perubahan kecepatan sudut dalam selang waktu tertentu. Percepatan sudut dirumuskan dengan :

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

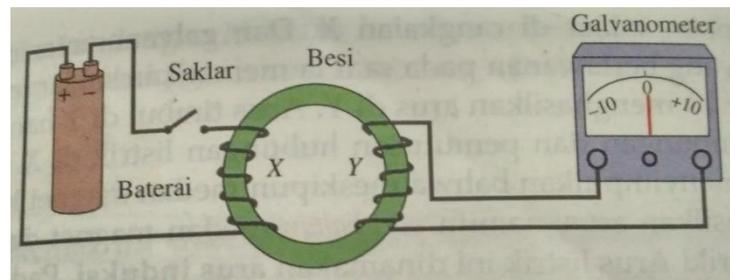
Pada gerak melingkar, terdapat dua buah percepatan, yaitu percepatan sentripetal dan percepatan tangensial. Percepatan sentripetal memiliki arah menuju pusat lingkaran. Dan percepatan

tangensial tegak lurus dengan percepatan sentripetal. Percepatan sentripetal dirumuskan dengan :

$$a_{sp} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

C. Induksi elektromagnetik

Menurut Giancoli (2001), induksi elektromagnetik adalah proses pembuatan arus listrik dengan cara mendekatkan sumber listrik pada sebuah magnet. Induksi elektromagnetik diteliti oleh Joseph Henry dan Michael Faraday. Henry terlebih dahulu menemukan bahwa arus listrik mampu menghasilkan medan magnet dan medan magnet juga mampu menghasilkan arus listrik. Namun, Faraday terlebih dahulu mempublikasikan hasil penemuannya dan meneliti hal tersebut secara lebih mendalam.



Gambar 2.2 Eksperimen faraday

a. GGL Induksi

Pada percobaan yang dilakukan oleh faraday, kumparan kawat , X, dihubungkan dengan sebuah baterai. Arus yang mengalir melalui X menghasilkan medan magnet yang diperkuat oleh oleh inti besi. Pada rangkaian kedua, Y, digunakan galvanometer untuk mendeteksi arus listrik, tetapi disini tidak digunakan baterai. Percoaan ini tidak akan berhasil jika digunakan arus konstan. Namun, pada akhirnya teramati suatu efek dimana Faraday melihat simpangan besar terjadi pada jarum galvanometer di rangkaian Y oada saat saklar dihidupkan.

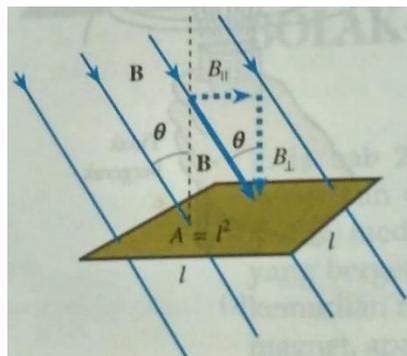
Faraday menyimpulkan bahwa meskipun medan magnet konstan tidak dapat menghasilkan arus, namun perubahan medan magnet dapat menghasilkan arus listrik. Arus listrik ini dinamakan arus listrik induksi. Oleh sebab itu, dapat kita katakan bahwa GGL induksi dihasilkan oleh medan magnet yang berubah.

b. Hukum Faraday tentang induksi

Faraday melakukan penelitian kuantitatif untuk mencari faktor yang mempengaruhi besarnya ggl yang diinduksi. Temuannya yang pertama adalah bahwa induksi tergantung pada waktu : semakin cepat terjadinya perubahan medan magnet, induksi ggl semakin besar. Namun ggl tidak sebanding dengan laju perubahan medan magnet B . GGL justru sebanding dengan perubahan fluks magnetik Φ_B yang bergerak melintasi loop seluas A , yang dirumuskan dengan:

$$\Phi_B = B \perp A = B A \cos \theta$$

$B \perp$ di sini adalah komponen medan magnet B yang tegak lurus dengan permukaan kumparan dan θ adalah sudut antara B dengan garis yang tegak lurus permukaan kumparan.



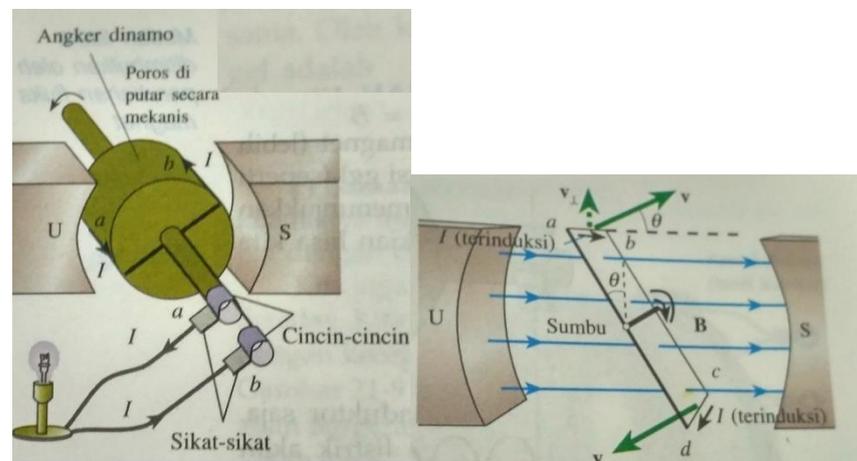
Gambar 2.3 Fluks magnet pada loop kawat pipih.

Dengan definisi tersebut, jika fluks yang melalui loop kawat dengan N lilitan berubah sebesar $\Delta\Phi_B$ dalam waktu Δt , maka besar ggl induksi dalam waktu itu adalah :

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

c. Generator listrik

Hasil terpenting dari penemuan Faraday adalah pengembangan generator listrik atau dinamo. Generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Ini merupakan kebalikan dari cara kerja motor. Sebuah generator memiliki kumparan yang dililitkan pada angker yang dapat bergerak dalam medan magnet. Sumber diputar secara mekanis (air terjun, tali kipas pada mobil, angin) dan ggl diinduksi pada kumparan yang berputar. Arus listrik menjadi output dari generator.



Gambar 2.4 Generator AC

Pada gambar tersebut, loop diputar searah jarum jam di dalam medan magnet B . pada gambar ditunjukkan kecepatan sesaat kedua sisi ab dan cd . Walaupun bc dan da bergerak, namun elektron-elektron di bagian ini mengarah ke pinggir kawat, bukan di sepanjang kawat. Besarnya ggl yang dibangkitkan dalam ab ditunjukkan oleh persamaan:

$$\varepsilon = B l v_{\perp}$$

Dimana l adalah panjang ab . Dari bagan dapat kita lihat bahwa $v_{\perp} = v \sin \theta$, dimana θ adalah sudut antara permukaan kumparan dengan garis vertikal. Oleh karena itu, persamaan menjadi :

$$\varepsilon = 2 N B l v \sin \theta$$

Jika kumparan berputar dengan kecepatan angular konstan ω , maka sudutnya adalah $\theta = \omega t$. Dari persamaan persamaan ggl induksi dapat dituliskan menjadi :

$$\varepsilon = 2 N B A \omega \sin \omega t$$

Pada generator DC sangat mirip dengan generator AC, kecuali pada cincin komutator yang digunakan. Keluaran pada generator ini diperlihatkan pada gambar dan dapat diperhalus dengan memasang kapasitor secara paralel pada keluarannya. Cara yang lebih umum adalah dengan menggunakan beberapa kumparan pada angker yang menghasilkan keluaran yang lebih halus.

Dahulu mobil-mobil menggunakan generator dc. Sekarang lebih umum digunakan generator ac atau alternator, untuk menghindari masalah percikan bunga api antara celah-celah pada cincin komutator generator dc. Pada alternator, arus dari baterai menghasilkan medan magnet pada electromagnet, yang dinamakan rotor yang diputar melalui mesin atau tenaga penggerak. Di sekitar rotor yang berputar terdapat satu set kumparan diam yang dinamakan stator. Medan magnet rotor melalui kumparan stator dan karena rotor berputar, medan yang melalui kumparan stator tetap berubah. Jadi terjadi induksi arus pada kumparan stator, yang menjadi keluarannya. Keluaran ac diubah menjadi dc untuk mengisi baterai dengan menggunakan dioda semikonduktor, yang hanya melewatkan arus pada satu arah saja.

D. Turbin Angin

Menurut Suyitno (2011), Turbin angin atau kincir angin merupakan komponen yang digunakan dalam pemanfaatan energi angin. Harm menurut Harm Hofman (1987), Turbin angin dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu kincir angin poros vertical dan kincir angin poros horizontal. Yusuf Ismail dan Chairul Sakeh (2015) menjelaskan bahwa Turbin angin merupakan alat yang digunakan dalam Sistem Konversi

Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah 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. Dari beberapa penjelasan tersebut dapat disintesisakan bahwa turbin angin merupakan komponen yang digunakan untuk pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi.

Menurut Hendra Darmawan (2014), Turbin angin poros horizontal memiliki *blade* atau kipas yang berputar sejajar dengan tanah, sedangkan pada sumbu vertical memiliki *blade* atau kipas yang berputar tegak lurus dengan tanah. Kelebihan turbin angin poros horizontal yaitu memiliki efisiensi yang tinggi dan *cut in wind speed* rendah. Kekurangannya yaitu turbin jenis ini memiliki desain yang lebih rumit Karena rotor hanya dapat menangkap angin dari satu arah sehingga dibutuhkan pengarah angin selain itu penempatan dinamo atau generator berada di atas tower sehingga menambah beban tower.

Adapun kelebihan dari turbin angin poros vertical adalah memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, dinamo atau generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin sehingga mempermudah perawatan, tidak berisik, dan kerja turbin tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya adalah kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran yang rendah dan efisiensi lebih rendah dibandingkan turbin poros horizontal.

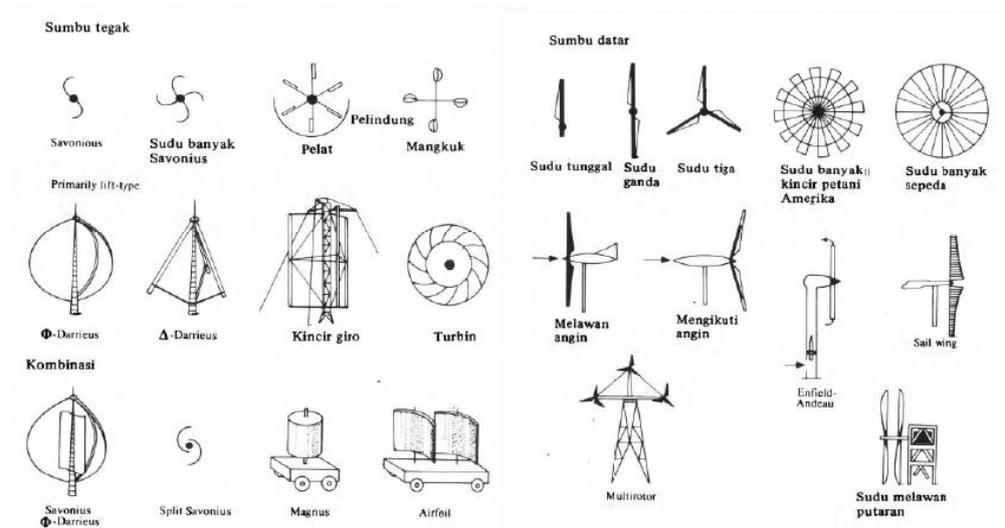
Menurut BWEA (2005), Turbin angin menghasilkan listrik dengan menggunakan tenaga angin alami untuk menggerakkan genitor. Angin alami tersebut bersih dan tidak menggunakan bahan bakar sebagai sumbernya, hal itu tidak akan menghasilkan emisi dan akan selalu tersedia Karena berasal dari energi matahari.turbin angin merupakan evolusi alami dari kincir angin tradisional, namun saat ini menggunakan tiga baling baling (*blades*) yang berputar menggunakan poros horizontal.

Turbin angin akan menghasilkan energi listrik jika kecepatan angin yang tersedia sekitar 3-4 m/s, dan menghasilkan daya maksimum saat kecepatan angin sekitar 15 m/s, namun akan hancur dan rusak jika terjadi badai angin dengan kecepatan diatas 25 m/s.

Menurut Suyitno (2011), Turbin angin memiliki beberapa komponen inti agar turbin angin dapat bekerja dengan baik, diantaranya : Baling-baling, Generator, Panel Kontrol, serta tiang penyangga. Selain itu ada beberapa komponen lain yang menunjang kerja turbin angin, seperti Rotor hub, control pitch sudu, transmisi, control yawing, nasek, roda gigi sistem gelang dan motor servo.

a. Baling-baling

Menurut Susa'at (2014), Baling-baling berfungsi untuk mengubah hembusan angin menjadi energi kinetik untuk kemudian memutar listrik. Semakin panjang baling-baling semakin luas area yang harus disediakan, dan akan semakin banyak menerima terpaan angin sehingga semakin besar energi putaran yang dihasilkan untuk memutar generator.



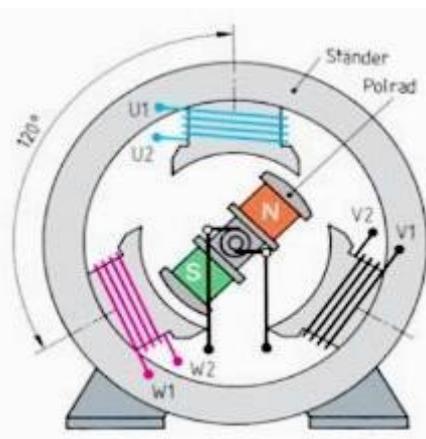
Gambar 2.5 Bentuk sayap turbin angin

b. Generator

Menurut Mustifa, Didik N., dan Dede S. (2014), Generator adalah salah satu mesin listrik yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator berdasarkan teori induksi elektromagnetik. Bagian utama generator terdiri dari kumparan medan dan kumparan jangkar. Angin yang menggerakkan baling-baling akan diteruskan untuk menggerakkan generator. Ketika penghantar diputar dalam suatu medan magnet sehingga akan memotong garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan timbul ggl yang mempunyai satuan volt.



Gambar 2.6 Generator



Gambar 2.7 Generator 3 fasa

c. Panel Kontrol

Menurut Suyitno (2011), Panel kontrol berfungsi sebagai kontrol tegangan listrik yang dihasilkan oleh turbin angin. Termasuk di dalamnya adalah inverter AC-DC. Panel kontrol juga berfungsi untuk mengubah arus listrik AC menjadi arus listrik DC dan mengontrol pengisian arus listrik dalam baterai agar tidak merusak baterai.



Gambar 2.8 Panel kontrol

d. Tiang Penyangga

Menurut Susa'at (2014), komponen ini secara khas dibuat dari baja yang kuat dari terpaan angin. Tiang ini berfungsi untuk meletakkan baling baling di tempat yang terkena terpaan angin.



Gambar 2.9 Tiang penyangga turbin angin

e. Gearbox

Menurut Susa'at (2014), komponen ini berfungsi untuk mengkonversi putaran kecepatan rendah dari poros masukan baling-baling kecepatan tinggi ke poros generator yang merupakan poros kecepatan tinggi. Dalam gearbox terdapat roda gigi dengan menggunakan konsep hubungan roda roda.



Gambar 2.10 Gearbox

f. Rotor hub

Hub merupakan bagian dari rotor (baling-baling) yang berfungsi menghubungkan sudu (baling-baling) dengan poros utama.



Gambar 2.11 Rotor Hub

g. Rem dan kopling

Pada Whyppen (2013), rem berfungsi untuk menghentikan putaran poros rotor yang bertujuan untuk keamanan atau pada saat dilakukan perbaikan. Sedangkan kopling berfungsi untuk memindahkan daya poros ke transmisi gearbox atau langsung ke generator, dengan meredam getaran dari poros rotor.



Gambar 2.12 Rem dan Kopling

h. Transmisi

Menurut Whyppen (2013), transmisi berfungsi untuk memindahkan daya dari rotor ke generator dengan dipercepat putarannya. Hal ini karena rotor berotasi dengan putaran rendah, sedangkan generator bekerja pada putaran tinggi.



Gambar 2.13 Transmisi

i. Nasel

Menurut Whyppen (2013), Nasel berfungsi untuk melindungi komponen-komponen dari turbin angin.



Gambar 2.14 Nasel

E. Media Pembelajaran

Menurut AECT (*Association of Education and Communication Technology, 1977*) media merupakan segala bentuk dan saluran yang dipakai untuk menyampaikan pesan atau informasi. Menurut Arda, Sahrul S dan Darsikin (2015), Media merupakan sesuatu yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan dan dapat merangsang pikiran dan perasaan siswa sehingga timbul motivasi untuk belajar. Dengan demikian, media merupakan segala bentuk perantara yang digunakan untuk menyampaikan informasi yang dapat dilihat, didengar, dibaca, serta dimanipulasi.

Dalam Undang-Undang No.20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional pasal 1 ayat 20 dinyatakan bahwa pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar dalam suatu lingkungan belajar. Pembelajaran dapat dartikan sebagai suatu kegiatan yang dilakukan untuk memperoleh dan menambah ilmu pengetahuan yang dimiliki.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran adakah segala sesuatu yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran serta dapat merangsang pikiran, perasaan dan kemauan belajar peserta didik sehingga meningkatkan motivasi peserta didik dalam melakukan proses pembelajaran.

Menurut Cepi Riana (2013), Pembelajaran yang bermakna dan berhasil tidak terlepas dari peran media terutama dar kedudukan dan fungsinya. Dari segi umumnya, media memilik kegunaan:

- a. Memperjelas pesan agar tidak terlalu verbalistis.
- b. Mengatasi keterbatasan ruang, waktu, tenaga, dan daya indra.
- c. Menimbulkan gairah belajar, interaks lebih langsung antara siswa dengan sumber belajar.
- d. Memungkinkan anak belajar mandiri sesuai dengan bakat dan kemampuan visual, auditori dan kinestetiknya

- e. Memberi rangsangan yang sama, mempersamakan pengalaman dan menimbulkan persepsi yang sama

Manfaat dari penggunaan media pembelajaran di dalam proses belajar mengajar menurut Azhar Arsyad (2015) sebagai berikut:

1. Media pembelajaran dapat memperjelas penyajian pesan dan informasi sehingga dapat memperlancar dan meningkatkan proses dan hasil belajar.
2. Media pembelajaran dapat meningkatkan dan mengarahkan perhatian anak sehingga dapat menimbulkan motivasi belajar, interaksi yang lebih langsung antara siswa dan lingkungannya, dan kemungkinan siswa untuk belajar sendiri sesuai dengan kemampuan dan minat siswa.
3. Media pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan indera, ruang, dan waktu:
 - a. Objek atau benda yang terlalu besar untuk ditampilkan langsung di ruang kelas dapat diganti dengan gambar, foto, slide, realita, film, radio, atau model;
 - b. Objek atau benda yang terlalu kecil atau tidak tampak oleh indera dapat disajikan dengan bantuan mikroskop, film, slide, atau gambar;
 - c. Kejadian langka yang terjadi di masa lalu atau terjadi sekali dalam puluhan tahun dapat ditampilkan melalui rekaman video, film, foto, slide di samping secara verbal;
 - d. Objek atau proses yang amat rumit seperti peredaran darah dapat ditampilkan secara konkret melalui film, gambar, slide, atau simulasi komputer;
 - e. Kejadian atau percobaan yang dapat membahayakan dapat dsimulasikan dengan media seperti komputer, film, dan video;
 - f. Peristiwa alam seperti letusan gunung berapi atau proses yang dalam kenyataan memakan waktu lama dapat disajikan dengan

teknik rekaman seperti *time-lapse* untuk film, video, slide, atau simulasi komputer.

4. Media pembelajaran dapat memberikan kesamaan pengalaman kepada siswa tentang peristiwa-peristiwa di lingkungan mereka, serta memungkinkan terjadinya interaksi langsung dengan guru, masyarakat, dan lingkungannya misalnya melalui karyawisata, kunjungan-kunjungan ke museum atau kebun binatang.

F. Energi

1. Pengertian Energi

Yaziz Hasan (2015) menyatakan bahwa energi merupakan entitas paling hakiki yang dianugerahkan pertama kali oleh Allah Sang Maha Pencipta pada proses penciptaan alam semesta. Pardiyono (Dalam Imam Fatoni, 2015) menyatakan bahwa energi adalah suatu bentuk kekuatan yang dihasilkan atau dimiliki oleh suatu benda.

Sedangkan Rio Adie Krisna dan Adip MS (2016) menyatakan Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Berdasarkan pengertian tersebut, maka dapat Energi dapat diartikan sebagai kemampuan dari suatu benda untuk melakukan usaha yang telah diciptakan oleh Tuhan di alam semesta ini.

Yaziz Hasan (2015) menyatakan bahwa dalam Fisika terdapat berbagai macam bentuk energi, diantaranya energi kinetik, energi potensial, energi panas, energi kimia, energi nuklir, energi listrik, dan lain lain. Dari energi tersebut ada yang bersumber dari matahari dan sisa-sisa bara api proses pembentukan bumi.

Sumber energi yang berasal dari matahari berupa fosil (batubara, gas, dan minyak bumi) serta yang terbarukan (tenaga angin, air, surya, gelombang laut dan biomassa). Sementara sisa-sisa bara api proses pembentukan bumi yang bersifat internal muncul ke permukaan menjadi energi panas bumi (geothermal).

2. Sumber-Sumber Energi

a. Energi Terbarukan

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional, sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergy, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut.

Dari pernyataan tersebut, maka energi terbarukan atau energi bersih adalah energi yang diproduksi dengan hanya mendatangkan sedikit dampak buruk pada aspek sosial, kultural, kesehatan dan lingkungan yang dihasilkan dari sumber-sumber yang tidak akan habis seperti air, perbedaan suhu lapisan laut, angin, biogas, dan matahari.

b. Energi Tak Terbarukan

Suyamto (2009) menyatakan bahwa energi tak terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari bahan yang tidak dapat diperbaharui atau bisa habis seperti batubara, minyak bumi, gas alam, panas bumi, dan energi nuklir. Energi tak terbarukan digunakan untuk bahan bakar bersumber dari energi fosil.

Dari pernyataan tersebut, energi tak terbarukan dapat diartikan sebagai energi yang berasal dari fosil sisa makhluk hidup yang telah mati dan tertimbun selama ratusan hingga jutaan tahun yang lama kelamaan jika dipakai secara terus menerus akan habis, contohnya minyak bumi, batubara dan nuklir.

3. Pembangkit listrik energi terbarukan

Menurut Suyitno (2011), Pembangkit listrik energi terbarukan adalah pembangkit listrik yang sumber utamanya merupakan sumber energi terbarukan seperti matahari, air, angin, panas bumi, bioenergi, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut.

a. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Menurut Suyitno (2011), Pembangkit listrik tenaga air adalah pembangkit listrik dihasilkan oleh generator DC ataupun AC. Komponen utama dari PLTA adalah air (sebagai sumber energi), turbin air, dan generator. Pada PLTA, air dari sungai atau waduk yang dibendung kemudian dialirkan ke turbin air sehingga menghasilkan daya mekanik. Daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin air dipakai untuk menghasilkan listrik dengan menggunakannya untuk menggerakkan generator yang akan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Jenis generator yang sering digunakan adalah generator yang menghasilkan arus bolak balik yang dikenal sebagai alternator.

b. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Menurut Suyitno (2011), Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan pembangkit listrik yang sumber utamanya adalah matahari. PLTS adalah salah satu pembangkit listrik yang sangat sederhana dan mudah dipasang di rumah warga sehingga PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik yang sangat ramah lingkungan karena memanfaatkan sinar matahari. Komponen yang dibutuhkan untuk PLTS antara lain panel surya yang berfungsi untuk merubah cahaya matahari menjadi listrik. Kemudian ada Alat pengatur daya (charge controller) yang berfungsi untuk mengatur aliran listrik dari panel surya ke media penyimpanan. Komponen lainnya

adalah Media penyimpanan (Baterai, ACCU, dll) yang berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan. Dan yang juga ada Inverter DC to AC yang berfungsi mengubah arus DC menjadi arus AC.

c. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

Menurut Suyitno (2011), Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi menggunakan panas bumi (geothermal) sebagai sumber energi utamanya. Geotermal dimanfaatkan karena dapat menghasilkan energi listrik dan juga bebas polusi. Energi panas adalah suatu bentuk energi termal yang dihasilkan dan disimpan di dalam bumi. Energi panas bumi berasal dari energi hasil pembentukan planet (20%) dan peluruhan radioaktif di pusat bumi dari mineral (80%). Komponen yang digunakan pada PLTP antara lain Service Valve (Untuk mengatur aliran serta tekanan fluida yang keluar), Shunt Off Valve (Untuk menutup lubang sumur), Bleed valve (Untuk mengeluarkan gas yang tidak terkondensasi), Bypass valve (untuk membuang uap yang tidak diperlukan), pipa transmisi uap dan air panas, Drum penampungan uap alam, Pemisah uap, Silenser (untuk menahan kebisingan), Turbin uap (merubah uap air menjadi energi mekanik), Kondensor (untuk merubah uap menjadi air kembali).

Panas menyebabkan bebatuan meleleh membentuk magma. Magma mengalirkan panas secara konveksi dan bergerak naik menuju permukaan bumi. Magma tersebut memanaskan kerak bumi dan air yang mengalir dalam kerak bumi hingga mencapai 300°C. Air yang panas ini menimbulkan tekanan tinggi sehingga air keluar dari kerak bumi. Uap panas atau air bawah tanah tersebut dapat dimanfaatkan, dibawa ke permukaan, dan dapat digunakan untuk memutar turbin untuk kemudian menghasilkan energi listrik.

d. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)

Menurut Suyitno (2011), Pembangkit listrik tenaga angin memanfaatkan angin sebagai sumber energi utamanya. Angin terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara di suatu wilayah. Komponen utama yang dibutuhkan antara lain kincir angin, gearbox, generator, Panel Kontrol, serta tiang penyangga. Angin akan memutar turbin angin, kemudian diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator biasanya akan disimpan terlebih dahulu ke dalam baterai penyimpanan sebelum dimanfaatkan. Pembangkit listrik ini cukup terjangkau dan juga ramah lingkungan sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.

4. Pembangkit listrik energi tak terbarukan

Menurut Imam Fatoni (2015), Pembangkit Listrik energi tak terbarukan merupakan pembangkit listrik yang menggunakan bahan-bahan yang tidak dapat diperbaharui sebagai sumber energinya, seperti batubara, minyak bumi, maupun bahan radioaktif.

a. Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Syahrir Habiba dan Cahyadi Suryani (2006) mendefinisikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas merupakan pembangkit listrik yang sumber energinya berasal dari gas alam yang bertekanan reservoir yang dapat berkisar antara 350 hingga 700 bar yang terdiri dari N_2 , CO_2 , H_2O . Gas alam merupakan hidrokarbon teringan, terdapat di bagian atas, dari suatu timbunan minyak, kadangkala keduanya bercampur dalam suatu larutan. Gas alam ditampung terlebih dahulu dalam suatu wadah penampungan, kemudian dilakukan pembakaran pada ruang pembakaran untuk memberikan reaksi kimia antara bahan bakar dan udara yang berasal dari kompresor kemudian diekspansi dalam turbin untuk

menghasilkan kerja pada proses kemudian diteruskan menuju generator untuk kemudian menghasilkan energi listrik.

b. Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Menurut Nyoman Kumara (2009), Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan uap sebagai sumber energi utamanya. Uap yang dihasilkan berasal dari proses pembakaran. Komponen utama PLTU antara lain Boiler, Turbin Uap, Kondensor, dan Generator. Batu bara dibakar sehingga menghasilkan uap dan gas buang yang panas. Gas buang berfungsi untuk memanaskan pipa boiler yang berada di atas tempat pembakaran. Sedangkan uap dialirkan ke turbin yang akan menyebabkan turbin bergerak, namun karena poros turbin digandeng dengan poros generator, akibatnya gerakan turbin tersebut akan menyebabkan gerakan pada generator sehingga dihasilkan energi listrik.

c. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap

Menurut Syahrir Habiba dan Cahyadi Suryani (2006), PLTGU merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan gas dan uap sebagai sumber energi utama. Untuk turbin gas, yang digunakan bukanlah gas alam, melainkan gas hasil pemakaran bahan bakar High Speed Diesel dan Marine Fuel Oil sehingga menghasilkan emisi pembakaran. Bahan bakar tersebut disuplai ke tangkai penampungan melalui pipa bawah laut.

Turbin gas berfungsi untuk menghasilkan energi mekanik untuk memutar kompresor dan rotor generator yang terpasang pada satu poros. Selanjutnya pada ruang bakar, jika start up menggunakan bahan bakar cair maka akan terjadi proses pengabutan setelah itu terjadi proses pembakaran dengan penyala awal dari busi yang kemudian dihasilkan api dan gas panas yang bertekanan. Api digunakan untuk memanaskan

boiler hingga air menguap dan kemudian memutar turbin. Sedangkan Gas panas dialirkan ke turbin sehingga turbin dapat menghasilkan tenaga mekanik berupa putaran. Selanjutnya gas panas dibuang ke atmosfer dengan temperature yang masih tinggi.

d. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Menurut Tri Nur Harjanto (2008), prinsip kerja PLTN hampir sama dengan PLTU yakni sistem pembangkit uap/ steam. Hanya yang membedakan dari segi sumber pembentukannya. Pada PLTN ada beberapa tipe diantaranya tipe BWR (Boiling Water Reactor) yakni uap dihasilkan dari pembangkit uap sekaligus sebagai reaktor nuklir, sedangkan untuk tipe PWR uap yang dihasilkan dari pembangkit uap yang terdiri dari boiler yang dilengkapi dengan reaktor nuklir sebagai pemanas.

Menurut Suyitno (2011), pada PLTN reaksi fisi, reaksi fisi berantai dipertahankan kontinuitasnya dalam bahan bakar sehingga bahan bakar menjadi panas. Panas ini kemudian ditransfer ke pendingin reaktor yang kemudian baik secara langsung maupun tidak langsung digunakan untuk membangkitkan uap. Pembangkitan uap langsung dilakukan dengan dengan membuat pendingin reaktor (biasanya H₂O) mendidih dan menghasilkan uap. Pada pembangkitan uap tak langsung, pendingin yang menerima panas bahan bakar disalurkan melalui pipa ke perangkat pembangkit uap. Pendingin primer ini menyalurkan panas ke pendingin sekunder untuk kemudian panas tersebut mendidihkan pendingin sekunder dan membangkitkan uap. Uap yang dibangkitkan tersebut yang akan menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik.

e. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Menurut Rosnita (2013), PLTD sesuai diimplementasikan pada lokasi dimana pengeluaran bahan bakar rendah, persediaan air terbatas, harga minyak lebih murah daripada batubara dan semua beban dasarnya adalah seperti yang dapat ditangani oleh mesin pembangkit dalam kapasitas kecil, serta dapat berfungsi dalam waktu yang singkat. Komponen PLTD antara lain Mesin/motor, sistem bahan bakar, sistem udara masuk, sistem pembuangan gas, sistem pendinginan, sistem pelumasan, sistem penggerak mula.

Bahan bakar disimpan dalam tangki penyimpanan kemudian dipompa ke dalam tangki penyimpanan sementara yang sebelumnya disaring terlebih dahulu. Bahan bakar dalam tangki sementara dipompa ke pengabut untuk kemudian temperaturnya ditingkatkan hingga menjadi kabut.

Udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi dimasukkan kedalam ruang bakar. Di dalam mesin diesel terjadi penyalaan sendiri karena proses kerjanya berdasarkan udara murni yang dimanfaatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi sehingga temperature di dalam silinder naik. Pada saat itu, bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder yang bertekanan dan bertemperatur tinggi melebihi titik nyala bahan bakar sehingga menyala dan terjadi ledakan. Poros engkol mesin diesel digunakan untuk menggerakkan rotor generator dan kemudian generator menghasilkan energi listrik.

5. Energi Alternatif

a. Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro

Menurut Suyitno (2010), Pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah pembangkit listrik yang dihasilkan oleh generator listrik DC atau AC. Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro adalah pembangkitan listrik daya kecil yang digerakkan oleh tenaga air. Tenaga air berasal dari sungai kecil yang dibendung untuk kemudian dialirkan dari ketinggian tertentu dan memiliki debit yang sesuai, akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik.

Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas, baik aliran ataupun ketinggian, dari instalasi, maka semakin besar pula energi yang dihasilkan. PLTMH memiliki sedikit perbedaan dengan PLTA. Jika PLTA membutuhkan air dalam skala yang besar, PLTMH tidak memerlukan skala yang besar, hanya dalam skala yang kecil. Selain itu, daya yang dihasilkan juga jauh lebih kecil daripada yang dapat dihasilkan oleh PLTMH.

Untuk komponen dan cara kerja, PLTMH sama dengan PLTA dengan komponen utama antara lain air sebagai sumber daya, turbin, serta generator.

b. Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut

Menurut Suyitno (2010), pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya Tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pasang purnama terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam suatu garis lurus. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang

rendah yang sangat rendah. Sedangkan pasang perbani terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi. Sistem pemanfaatan energi pasang surut pada dasarnya dibedakan menjadi dua yaitu kolam tunggal dan kolam ganda.

a) Kolam tunggal

Pada sistem pertama energi pasang surut dimanfaatkan hanya pada periode air surut atau pada periode pasang naik. Saat pasang datang, air laut masuk melewati dam dan melalui katup yang bisa dan menutup otomatis. Saat pasang surut, katup yang ada di dalam dam tertutup sehingga air laut terjebak di dalam dam. Air laut yang terjebak inilah yang digunakan untuk memutar turbin dan generator.

b) Kolam ganda

Pada kolam ganda, kedua periode baik sewaktu air pasang maupun surut energinya dapat dimanfaatkan. Turbin dan saluran terletak dalam satu bendungan yang memisahkan kolam dan laut. Sewaktu air pasang, permukaan air di kolam sama dengan permukaan laut. Sewaktu air mulai surut terjadilah perbedaan tinggi air antara kolam dan laut yang menyebabkan air mulai mengalir ke arah laut dan memutar turbin dan menghasilkan energi listrik. Ketika air kolam mulai sama dengan permukaan laut, mesin akan dimatikan. Ketika air laut mulai pasang terjadilah perbedaan tinggi air antara kolam dan permukaan laut kembali menyebabkan air mulai mengalir ke arah kolam dan memutar turbin dan menghasilkan energi listrik kembali.

c. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Laut

Suyitno (2010) mengemukakan bahwa para pakar energi berpendapat bahwa OTEC (*Ocean Thermal Energi Conversion*) akan menjadi teknologi penghasil listrik yang sangat kompetitif di masa depan. Pada teknologi konversi energi panas laut, siklus Rankine digunakan untuk menarik arus-arus energi termal yang memiliki sejang-kurangnya selisih suhu sebesar 20°C. Pada saat ini terdapat dua siklus daya alternatif yang dikembangkan yaitu siklus Claude terbuka dan siklus tertutup.

Siklus terbuka dengan mendidihkan air laut yang beroperasi pada tekanan rendah, menghasilkan uap air panas yang melewati turbin penggerak/generator. Siklus tertutup menggunakan panas permukaan laut untuk menguapkan fluida penggerak dengan ammonia atau Freon. Uap panas menggerakkan turbin, kemudian turbin bekerja menghidupkan generator untuk menghasilkan listrik.

d. Pembangkit Listrik Tenaga Ombak

Menurut Suyitno (2010), PLTO menggunakan ombak sebagai sumber energi utamanya. Sebuah tabung beton dipasang pada suatu ketinggian tertentu di pantai dan ujungnya dipasang di bawah permukaan laut. Tiap kali ombak datang ke pantai, air didalam tabung beton itu akan mendorong udara yang terdapat di bagian tabung yang terletak di darat. Pada saat ombak surut, terjadi gerakan udara yang sebaliknya. Gerakan udara yang bolak-balik inilah yang dimanfaatkan untuk memutar turbin yang dihubungkan dengan sebuah pembangkit listrik. Sebuah alat khusus dipasang di turbin itu supaya turbin hanya berputar satu arah walaupun arah arus udara dalam tabung beton silih berganti.

e. Pembangkit Listrik Tenaga Limbah (Biomassa)

Suyitno (2010) mengemukakan bahwa biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produksi maupun buangan. Biomassa dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar ataupun memproduksi bahan bakar bio cair. Bioenergy adalah istilah umum bagi energi yang dihasilkan melalui material organik, seperti kayu, tanaman, pertanian, sekam, sampah, atau kotoran hewan.

Pada Pembangkit ini, memanfaatkan limbah (biomassa) sebagai sumber energi utama. Terdapat dua proses pengolahan limbah menjadi energi, yaitu proses biologis dan menghasilkan gas-bio dan proses thermal yang menghasilkan panas. Pada kedua proses tersebut, hasil proses dapat langsung dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik. Perbedaan mendasar keduanya ialah pada proses biologis dihasilkan gas bio yang kemudian dibakar untuk menghasilkan tenaga yang akan menggerakkan motor yang dihubungkan dengan generator listrik.

Sedangkan proses thermal menghasilkan panas yang dapat digunakan untuk membangkitkan steam yang kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin uap yang dihubungkan dengan generator listrik.

G. Prinsip Kerja Alat

Berdasarkan prinsip kerja dari alat ini dapat di jelaskan bahwa Angin yang dihasilkan dari kipas angin ditampung oleh penampang angin dengan bahan plat aluminium. Gaya dorong yang dihasilkan dari kipas angin menyebabkan turbin angin bergerak secara melingkar dengan kecepatan sudut yang diukur dari besarnya rotasi per menit dengan persamaan :

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{1 \text{ putaran}}{\text{menit}} \\ &= \frac{2 \pi \text{ rad}}{60 \text{ secon}} \\ &= \frac{\pi}{30} \text{ rad/s}\end{aligned}$$

Penampang turbin angin yang bergerak melingkar dengan kecepatan sudut yang dapat dihitung, akan menggerakkan dinamo dengan hubungan roda-roda yang dihubungkan dengan tali karet. Sehingga dinamo akan bergerak melingkar dengan kecepatan sudut yang diukur dengan persamaan:

$$V_1 = V_2 \text{ tetapi } \omega_1 \neq \omega_2$$

$$\omega_1 R_1 = \omega_2 R_2$$

Perputaran dinamo menyebabkan kumparan berputar dalam kutub magnet. Ketika kumparan berputar, maka medan magnet yang melalui kumparan itu akan berubah. Perubahan ini menyebabkan timbulnya arus induksi (GGL) di dalam kumparan dengan persamaan:

$$\varepsilon = - \frac{d \Phi}{dt} = - \frac{d}{dt} (N B A \cos \omega t)$$

$$\varepsilon = N B A \omega \sin \omega t$$

GGL induksi tersebut akan menghasilkan arus dan tegangan yang dapat diukur dan tertera nilai serta besarnya pada Voltmeter dan Ammeter.

Selanjutnya, output yang dihasilkan akan melalui controller untuk diubah menjadi arus DC sebelum disimpan pada accu. Daya yang dihasilkan digunakan untuk menjalankan pompa air dalam PLTMH dengan mengubah arus DC dari accu menjadi AC menggunakan

inverter. Pada penelitian lanjutan akan dibahas mengenai penggabungan daya dari PLTMH.

Komponen turbin angin dibuat mudah dibongkar dan dipasang untuk bisa dilakukan variasi jumlah bilah dan variasi panjang lengan bilah. Hal tersebut bertujuan agar siswa dapat mengetahui pengaruh panjang lengan dan jumlah bilah yang digunakan terhadap output yang dihasilkan.

H. Kerangka Teoritik

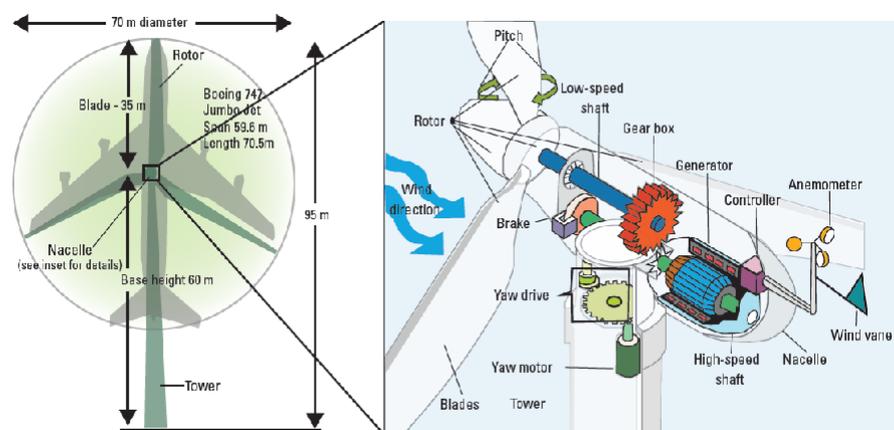
1. Penelitian yang Relevan

Penelitian yang pernah dilakukan mengenai turbin angin diantaranya oleh Dwi Kuncoro, Haryanto, Siti Nandiroh (2014) dengan judul Kincir Angin Sumbu Vertikal Untuk Warung HIK Di Desa Jetak. Pada penelitian tersebut digunakan kincir angin dengan sumbu vertical dengan daya keluaran mencapai 500 Watt. Komponen yang digunakan menggunakan bahan besi dan elektrik. Untuk bahan besi berupa lempengan besi, besi batangan beserta komponen pendukung seperti mur, baut, klaker, gear dan lainnya. Untuk bahan elektrik menggunakan generator pembangkit, kabel, lampu, aki, inverter 220 V, regulator.



Gambar 2.15 Konstruksi Turbin Angin sumbu Vertikal

Penelitian tentang turbin angin juga pernah dilakukan oleh David R. Wilburn (2011) dengan judul *Wind Energy in The United States and Materials Required for the Land-Based Wind Turbine Industry from 2010 Through 2030*. Pada penelitian tersebut, peneliti melakukan analisis di Amerika tentang pemanfaatan turbin angin. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa pemanfaatan energi angin di Amerika sudah dalam skala besar karena mampu memenuhi 20% kebutuhan listrik di Amerika atau sebesar 310 GigaWatt pada 2030 jika turbin angin dikembangkan secara serius.



Gambar 2.16 Konstruksi turbin angin sumbu horizontal

Sedangkan, untuk penelitian mengenai media pembelajaran oleh Muhamad Ali (2009) dengan judul *Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Mata Kuliah Medan Elektromagnetik*. Pada penelitian tersebut digunakan media pembelajaran interaktif dalam mata kuliah medan elektromagnetik dengan memberikan contoh di depan kelas kemudian memberikan kepada mahasiswa untuk mencoba sendiri di tempat lain. Setelah mahasiswa melihat dan menggunakan media pembelajaran ini, mahasiswa menyatakan ketertarikannya untuk menggunakan media ini dan menyatakan media ini sangat bermanfaat untuk membantu mereka dalam belajar mandiri di rumah.

2. Kerangka Berpikir

Pada proses pembelajaran tentunya akan membosankan jika dilakukan dengan metode ceramah dan tanpa menggunakan media pembelajaran. Oleh karena itu seorang guru dituntut harus bisa menggunakan media pembelajaran dalam proses pembelajaran agar siswa lebih mudah untuk mengerti pelajaran yang disampaikan. Turbin angin ini akan menambah media pembelajaran yang dapat digunakan oleh guru dalam mengajar. Dengan alat ini dapat mengetahui kecepatan angin dan daya keluaran yang dihasilkan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Operasional Penelitian

Tujuan operasional dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan turbin angin untuk *feeder* aquarium mandiri energi sebagai media pembelajaran yang layak digunakan sebagai media pembelajaran Fisika SMA.

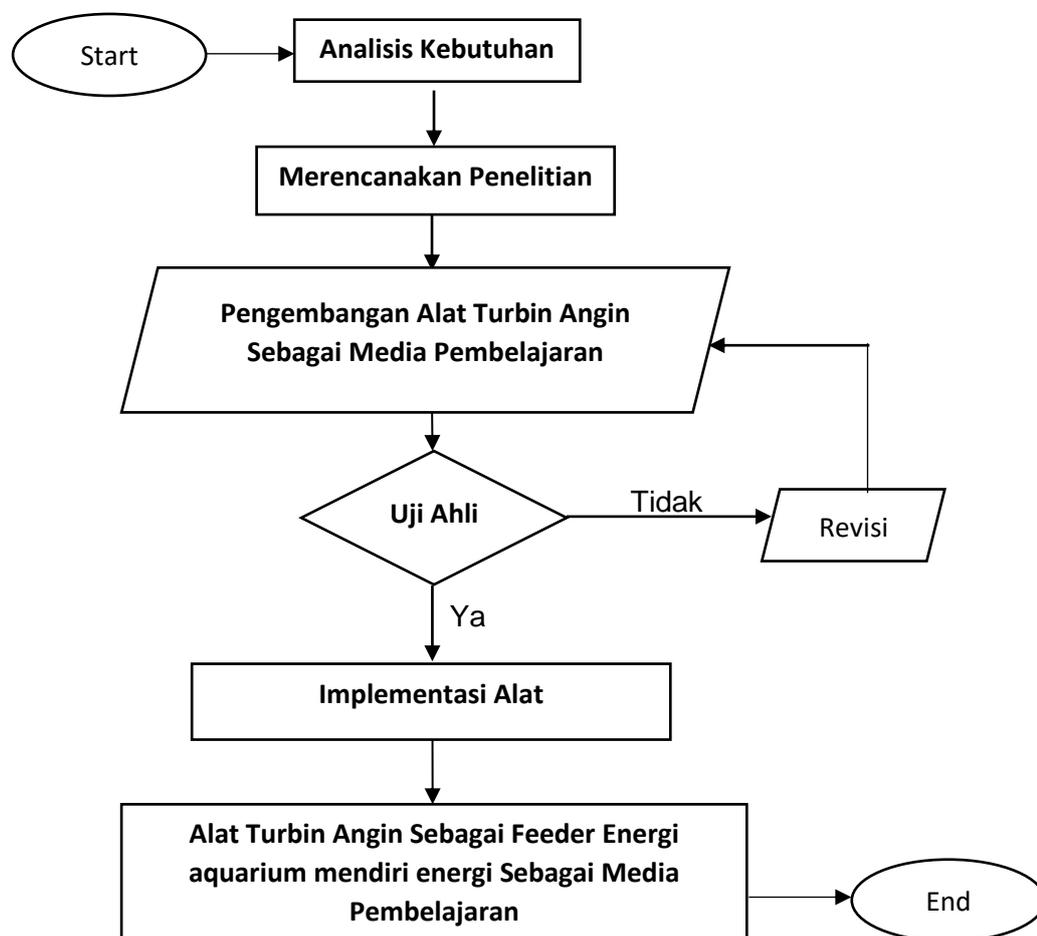
B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium pengembangan media pembelajaran fisika Universitas Negeri Jakarta. Penelitian ini dilaksanakan pada rentang bulan Desember 2016 hingga Agustus 2017. Dengan tahapan pembuatan proposal, pengumpulan data, validasi para ahli, dan pelaporan hasil penelitian.

C. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian pengembangan. Peneliti menggunakan metode penelitian model ADDIE dengan langkah-langkah yaitu *Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*.

D. Desain Penelitian



E. Langkah-Langkah Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan dengan model ADDIE dalam pengembangan turbin angin sebagai feeder energi Aquarium Mandiri Energi sebagai media pembelajaran dengan tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Analisis (*Analyze*)

Analisis dilakukan dalam rangka mengidentifikasi masalah dan kebutuhan peserta didik dalam pembelajaran fisika dan mengetahui materi-materi yang sesuai dengan alat yang akan dikembangkan. Pada tahap analisis terdiri dari:

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai pemanfaatan tenaga angin sebagai sumber energi listrik dan pengembangan media pembelajaran dari penelitian sebelumnya atau penelitian yang relevan agar mendapat pemahaman mengenai alat yang akan dikembangkan.

b. Analisis Kebutuhan

Langkah ini dilakukan untuk mencari informasi terkait kebutuhan siswa dalam pembelajaran usaha dan energi terutama pada materi energi alternatif. Selain itu analisis kebutuhan juga dilakukan untuk memperoleh informasi terkait alat turbin angin di sekolah sebagai media pembelajaran. Berdasarkan survey, beberapa sekolah tidak mempunyai alat turbin angin dan beberapa sekolah sudah ada, namun belum memanfaatkan angin alami sebagai penggerak turbin dan juga belum memberikan pengalaman langsung tentang pemanfaatan energy angin untuk memenuhi salah satu kebutuhan energy listrik.

c. Analisis Kurikulum

Analisis ini dilakukan dalam rangka memperoleh informasi terkait pelaksanaan kurikulum di sekolah-sekolah. Saat ini sekolah-sekolah telah menerapkan kurikulum 2013 revisi. Kompetensi Dasar (KD) yang dipilih berdasarkan kurikulum 2013 revisi adalah Menganalisis ketebatasan sumber energi dan dampaknya bagi kehidupan dan Menyajikan ide/gagasan penyelesaian masalah keterbatasan sumber energi, energi alternatif, dan dampaknya bagi kehidupan. Disamping itu juga dapat digunakan untuk mengajarkan gerak rotasi, dan imbas elektromagnetik.

Analisis instruksional merupakan penjabaran Kompetensi Dasar (KD) yang telah dipilih pada tahap analisis kompetensi menjadi indikator pembelajaran yang memungkinkan untuk digunakan sebagai acuan dalam pembuatan turbin angin ini.

d. Analisis Media Alat

Media alat yang berkualitas adalah hal yang penting dalam pembuatan turbin angin sebagai media pembelajaran karena media alat yang berkualitas akan membantu peneliti dalam menarik minat belajar siswa dan juga menambah pemahaman siswa.

Menganalisis suatu data dari alat yang dikembangkan sebelumnya juga akan memberikan pemahaman bagi peneliti agar dapat membuat media pembelajaran yang berkualitas. Dilakukan analisis alat yang sudah ada, dengan melihat penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya melalui jurnal.

Berdasarkan dari hasil Analisa-analisa di atas, maka dikembangkanlah alat turbin angin sebagai *feeder* energi aquarium mandiri energi yang layak digunakan sebagai media pembelajaran.

2. Tahap Perancangan Produk (*Design*)

Peneliti menggunakan hasil analisis sebagai acuan pembuatan rancangan produk turbin angin. Dalam perancangan produk (*design*) peneliti melakukan beberapa hal, yaitu:

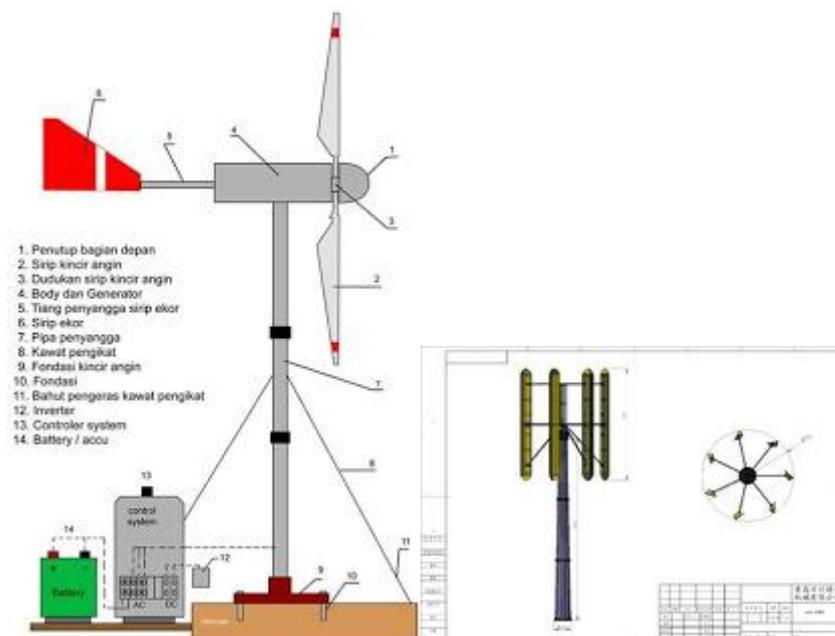
a. Memilih tempat lokasi pemasangan alat

Pada tahap ini, peneliti melakukan survey ke beberapa gedung yang sesuai kriteria dan memungkinkan untuk dilakukan pemasangan turbin angina. Antara lain di berbagai titik di lantai 10 gedung sertifikasi guru UNJ. Ditempat ini terukur kecepatan angin antara 2-10 m/s. survey kecepatan angin juga dilakukan di depan gedung Hasyim Asjarie. Kecepatan angin di tempat ini

berkisar antara 2-4 m/s. kemungkinan akan dipilih lokasi kedua sebagai tempat memasang turbin angin.

b. Membuat desain turbin angin

Dalam tahap ini peneliti memilih jenis turbin angin yaitu turbin angin dengan sumbu vertikal. Pemilihan ini dikarenakan turbin angin sumbu vertikal lebih efektif dalam menangkap kecepatan angin dan lebih efisien. Berikut rancangan bentuk turbin angin yang akan dibuat :



Gambar 3.1 Rancangan turbin angin

Untuk baling-baling akan menggunakan baling baling tipe mangkuk, generator yang digunakan adalah generator tiga fasa, digunakan gearbox untuk tempat gear perubah kecepatan, panel kontrol digunakan untuk merubah arus, tiang penyangga yang terbuat dari baja agar kuat dari terpaan angin, sedangkan untuk media penyimpanan daya digunakan baterai.

- c. Membuat daftar alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan alat

Dalam kegiatan ini, peneliti memastikan alat dan bahan yang diperlukan sudah layak untuk digunakan dalam pembuatan turbin angin dari analisis media alat yang sudah dilakukan sebelumnya. Daftar alat yang digunakan tentunya mempunyai fungsi yang sama namun berbeda pada desain turbin angin yang akan dibuat. Seperti pada baling-baling yang digunakan adalah dengan sumbu vertikal dan menggunakan bahan aluminium.

- d. Melakukan studi dalam merangkai alat dan cara mengoperasikan alat agar dapat berfungsi dengan baik

Dalam kegiatan ini, peneliti mempelajari rangkaian alat dan cara pengoperasian alat yang digunakan dalam pembuatan turbin angin. Hal ini dilakukan untuk lebih memahami alat yang akan digunakan sehingga akan dihasilkan media turbin angin yang berkualitas.

3. Tahap Pengembangan Produk (*Development*)

Langkah selanjutnya, peneliti mulai membuat turbin angin dengan menyiapkan kebutuhan alat dan bahan yang akan digunakan dalam turbin angin yang meliputi :

a. Alat

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| 1. Baling-baling | 10. Mur dan baut |
| 2. Dynamo DC | 11. Tang |
| 3. Inverter | 12. Bearing |
| 4. Controller | 13. Aluminium batang |
| 5. Besi ulir | 14. Karet tali |
| 6. Kabel | penghubung |
| 7. Penyimpan daya
(baterai) | 15. Puly |
| 8. Voltmeter | |
| 9. Amperemeter | |

Kemudian peneliti membuat turbin angin dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Tahap 1. Perakitan turbin angin

Pada turbin angin yang akan dibuat menggunakan baling-baling tipe cekung sebanyak enam belas buah baling baling yang dibagi menjadi dua penampang, hal ini dilakukan agar baling baling lebih optimal dalam menangkap angin. Sebelum dipasang dengan komponen lain, baling-baling diuji terlebih dahulu. Apabila masih ada hambatan pada perputaran baling-baling maka akan diperbaiki sehingga baling-baling dapat berputar dengan lancar. Selain itu tipe generator yang digunakan adalah generator tiga fasa agar daya yang dihasilkan lebih optimal. Setelah itu, dibuat rancangan menara turbin angin menggunakan komponen besi agar kuat menahan terpaan angin.

Tahap 2. Pemasangan turbin angin

Tahap selanjutnya ialah pemasangan seluruh komponen turbin angin pada kerangka menara turbin angin. Pemasangan ini disesuaikan dengan ukuran komponen dan kegunaannya. Kemudian menguji apakah turbin angin berfungsi dengan baik atau belum. Jika belum, maka dilakukan perbaikan kembali.

Setelah pembuatan media turbin angin selesai, maka peneliti membawa kepada ahli materi dan ahli media untuk dilakukan validasi alat. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui kualitas turbin angin yang dibuat sebelum diuji. Jika media belum layak, maka peneliti akan memperbaiki media turbin angin tersebut dengan masukan dari ahli materi dan ahli media. Apabila media turbin angin sudah layak, maka peneliti akan memasang turbin angin di lokasi pemasangan yang sudah dipilih dan layak untuk dipasang turbin angin.

4. Tahap Implementasi Produk (*Implementation*)

Setelah proses validasi selesai, maka peneliti mengujicoba media turbin angin kepada perwakilan siswa SMAN 1 Lohbener, Indramayu dengan memberikan pemahaman materi mengenai gerak melingkar, imbas lektromagnetik, dan energi alternatif, kemudian memberikan angket terkait media turbin angin dengan pertanyaan-pertanyaan seputar materi dan konsep yang dapat dijelaskan, dan kemenarikan media. Kemudian mengajak siswa tersebut menuju lokasi pemasangan turbin angin untuk melakukan percobaan mengukur kecepatan angin di lokasi pemasangan tersebut dan membandingkan kecepatan angin dengan daya yang dihasilkan.

Pada tahap pengisian angket dan ujicoba alat, diharapkan siswa mengisi angket dengan jujur dan sungguh-sungguh dalam ujicoba alat, agar didapatkan koreksi yang membantu untuk penyempurnaan media turbin angin yang berkualitas, menarik, serta berguna bagi pengguna media turbin angin ini.

5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Pada tahap ini, media turbin angin dievaluasi dari hasil implementasi apabila terdapat kekurangan untuk menghasilkan media turbin angin yang berkualitas, menarik, dan berguna dari segi validitas dan implementasinya. Evaluasi yang dilakukan didapat dari hasil angket yang diberikan kepada perwakilan siswa yang melakukan implementasi produk media turbin angin.

Evaluasi media turbin angin ini diharapkan dapat menghasilkan media yang berkualitas, menarik, serta dapat digunakan dalam pembelajaran, baik digunakan oleh guru sebagai media pembelajaran, siswa agar bisa menemukan solusi mengenai materi permasalahan energi, ataupun untuk umum sebagai sumber energi alternatif.

F. Instrumen Penilaian

Evaluasi pengembangan media pembelajaran ini merupakan skor rata-rata yang diperoleh dari jawaban yang diberikan oleh responden melalui kuesioner berupa lembar formatif uji validitas yang akan digunakan dalam proses penelitian untuk mendapatkan media turbin angin yang berkualitas. Instrumen penelitian ini terdiri dari instrument untuk ahli media dan ahli materi.

1. Instrumen ahli media

Tabel 3.1 Instrumen penilaian ahli media

Aspek	Indikator	Butir
Media	Media turbin angin dapat digunakan sebagai media pembelajaran.	1,2,3,4,5
	Ukuran media turbin angin proporsional	6
	Media turbin angin menggunakan material yang kuat	7
	Media turbin angin aman dan mudah digunakan	8,10
	Skala pengukuran media turbin angin jelas dan mudah dipahami	9
	Media turbin angin menghasilkan data yang akurat	11
Desain	Media turbin angin memiliki desain yang menarik	12,13
	Alat pengukuran yang digunakan memiliki bentuk yang menarik	14

2. Instrumen ahli materi

Tabel 3.2 Instrumen penilaian ahli materi

Aspek	Indikator	Butir
Materi	Media turbin angin dapat menambah pengetahuan mengenai beberapa materi fisika.	1, 2, 3, 4,5
	Kesesuaian media turbin angin dengan keadaan sebenarnya	6
Konsep	Media turbin angin dapat menjelaskan beberapa konsep fisika.	7,8,9,10,11
	Media turbin angin mampu menunjukkan pengaruh panjang lengan dan jumlah bilah terhadap output yang dihasilkan	12,13
Penjelasan	Media turbin angin mampu membantu peserta didik memahami permasalahan energi	14
	Siswa mampu menemukan solusi untuk mengatasi permasalahan energi yang terjadi	15
	Media turbin angin mampu membantu siswa menindaklanjuti solusi permasalahan energi	16
	Media turbin angin dapat dijadikan acuan sumber energi alternatif	17

G. Teknik Pengumpulan Data

Data untuk analisis kebutuhan produk diperoleh dengan observasi alat turbin angin di sejumlah SMA Negeri di Jakarta. Data validasi uji kelayakan diperoleh dengan menggunakan instrument uji kelayakan berupa angket oleh ahli media dan ahli materi dan dengan menggunakan skala Likert. Data yang diperoleh dari angket tersebut berupa proses penelitian pada uji kelayakan ahli media dan ahli materi. Produk yang telah dihasilkan diperlihatkan dan diujicobakan oleh dosen dan siswa di SMAN 1 Lohbener, Indramayu. Pengujian alat ini disesuaikan dengan pencapaian indikator pada kompetensi dasar materi pembelajaran di SMA/MA.

H. Teknik Analisa Data

1. Uji Ahli dan sasaran pengguna

Hasil penelitian akan didapatkan dari menganalisis data yang telah dikumpulkan dari kuesioner ujicoba yang telah diisi oleh responden yang menggunakan media turbin angin sebagai media pembelajaran. penilaian yang tercantum dalam kuesioner menggunakan skala Likert dengan skor 1 sampai 4. Menurut Donald (2010), skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang terkait fenomena sosial. Penguraian skala Likert sebagai berikut:

Tabel 3.3 Skala Likert

No	Alternatif Jawaban	Bobot Skor	
		Positif (+)	Negatif (-)
1	Sangat Baik	4	1
2	Baik	3	2
3	Kurang Baik	2	3
4	Sangat Tidak Baik	1	4

Data yang diperoleh selanjutnya dihitung interpretasi skornya menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\% \text{ Interpretasi skor} = \frac{\sum \text{skor perolehan}}{\sum \text{skor maksimum}} \times 100 \%$$

Hasil akhir penilaian kemudian dicocokkan pada tabel penilaian sebagai berikut:

Tabel 3.4 Skala Intrepetasi skor

Presentase	Interpretasi
0 % - 25 %	Sangat Kurang Baik
26 % - 50 %	Cukup
51 % - 75 %	Baik
76 % - 100 %	Sangat Baik

BAB IV

Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Penelitian

1. Tahap Pengembangan alat

Tahap pembuatan dimulai dengan menentukan desain awal alat turbin angin dalam bentuk gambar. Desain dibuat berdasarkan pengembangan dari turbin angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu yang sesuai dengan lingkungan dan efektivitas alat turbin angin. Pada tahap ini, didapatkan desain alat turbin angin dengan sumbu vertikal.

Tabel 4.1 Komponen Media Turbin Angin

No	Komponen	Material	Keterangan
1	Penampang Angin	Aluminium Plat	Untuk menangkap angin karena bahannya ringan dan mudah dibentuk.
2	Lengan turbin angin	Aluminium siku	Untuk menghubungkan penampang angin dengan poros karena bahan ringan dan kuat.
3	Penampang turbin angin	Acrylic	Berbentuk lingkaran dengan lubang yang berfungsi untuk variasi jumlah bilah.
4	Poros turbin angin	Besi ulir	Sebagai poros turbin karena kuat menopang penampang turbin.

5	Puly	Aluminium	Sebagai penghubung turbin angin dengan dinamo.
6	Karet penghubung	Karet	Komponen yang menghubungkan puly poros turbin dengan dinamo karena gesekan yang dihasilkan kecil.
7	Dinamo	Motor ac servo 3 phase	Menghasilkan listrik lebih besar dan dengan kecepatan putaran rendah.
8	Penyangga	Besi	Untuk menopang rangka turbin angin dengan kuat.
9	Controller	Controller	Untuk mengubah arus AC menjadi DC dan menggabungkan arus yang dihasilkan.
10	Baterai	Accu Panasonic	Untuk menyimpan daya yang dihasilkan.
11	Inverter	Inverter	Mengubah arus DC dari accu menjadi AC untuk digunakan pada peralatan listrik.

2. Tahap Pembuatan

Setelah menentukan desain turbin angin yang akan dikembangkan, peneliti kemudian menentukan alat dan bahan yang sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada media turbin angin antara lain : aluminium plat, aluminium batang, obeng, tang, mur dan baut, tali rondon, motor ac servo, besi , counter manual, stopwatch, multimeter, kipas angin, acrylic piringan, bearing, poros besi ulir.

Memotong plat aluminium untuk digunakan sebagai penampang angin dengan ukuran yang telah ditentukan (Gambar 4.1) dengan kelengkungan tertentu. Setelah terpotong, sisi plat aluminium diberi karet lis agar media turbin aman saat digunakan. Kemudian memotong aluminium batang dengan panjang yang telah ditentukan (Gambar 4.2). Aluminium batang berfungsi sebagai lengan turbin angin yang menghubungkan penampang angin dengan penampang poros. Pada aluminium batang yang telah dipotong, diberi lubang agar mudah dirakit dan divariasikan panjang lengannya. Sebagai penampang turbin, digunakan acrylic sebanyak dua buah diameter masing-masing 20 cm. Pada penampang turbin diberi lubang yang berfungsi untuk memasang lengan pada penampang turbin angin. Lubang yang dibuat disesuaikan dengan variasi banyak bilah yang akan dilakukan ada media turbin angin yaitu 4, 6, dan 8 bilah .Sebagai poros digunakan batang besi berulir sepanjang 40 cm yang akan menopang penampang turbin angin.



Gambar 4.1 Penampang angin turbin angin



Gambar 4.2 Lengan turbin angin

Untuk penyangga turbin angin, digunakan besi yang sudah di las sehingga kuat dalam menyangga turbin angin. Pada penyangga terdapat dua buah bearing di pusat penyangga. Bearing sebagai landasan poros turbin angin saat berputar. Bearing menjaga agar perputaran poros turbin angin stabil dan tidak bergerak ke kanan ataupun ke kiri. Pada penyangga turbin pula diletakkan dinamo yang dihubungkan dengan poros turbin menggunakan tali karet. Dinamo berfungsi untuk menghasilkan daya listrik dari perputaran turbin angin.

Setelah semua komponen sudah dibentuk (penampang angin, lengan, penampang turbin, poros, dan penyangga), kemudian merakit turbin angin dengan menghubungkan batang aluminium (lengan) dengan penampang angin menggunakan menggunakan mur dan baut sebagai perekat (lihat gambar 4.3). Setelah itu, hubungkan lengan turbin dengan penampang acrylic dengan variasi jumlah bilah yang diinginkan (lihat gambar 4.4). Kemudian meletakkan poros turbin angin pada penyangga turbin angin untuk kemudian dipasang puly sebagai media penghubung antara poros dengan dinamo yang dihubungkan dengan tali karet. Setelah penyangga sudah siap, memasang turbin angin pada penyangga

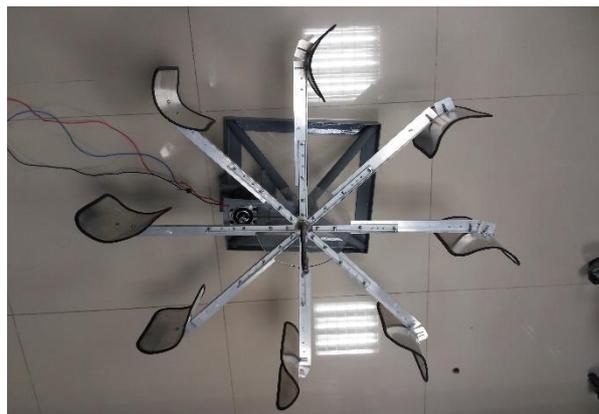
dengan jarak antar penampang turbin angin disesuaikan sehingga tidak mengganggu perputaran turbin angin (lihat gambar 4.5).



Gambar 4.3 Memasang penampang dengan lengan turbin



Gambar 4.4 Memasang bilah turbin pada penampang turbin



Gambar 4.5 Memasang turbin pada penyangga



Gambar 4.6 Media turbin angin

3. Uji Coba Media Turbin Angin

Setelah media turbin angin selesai dibuat, media turbin angin diuji coba untuk bisa mengetahui apakah media turbin angin dapat berfungsi optimal dan dapat digunakan oleh siswa. Apabila media turbin angin sudah dapat bekerja dengan baik, maka media turbin angin sudah layak untuk dilakukan pengujian selanjutnya.

Pengujian media turbin angin dilakukan di Laboratorium RnD Fisika Universitas Negeri Jakarta dengan menggunakan kipas angin sebagai sumber angin. Pengujian media turbin angin dilakukan untuk mengetahui hubungan kecepatan angin terhadap output yang dihasilkan. Adapun hasil yang didapat dari uji coba yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran tegangan dan arus

Jumlah bilah	Panjang bilah	Tegangan (V)	Arus(MikroA)	Tegangan Rata-rata	Arus Rata-Rata
8	1	0.5	4.1	0.52	3.88
		0.8	3.6		
		0.3	3.9		
		0.5	4.2		
		0.5	3.6		
	2	0.5	4.6	0.62	4.54
		0.7	3.8		
		0.6	4.8		
		0.7	4.1		
		0.6	5.4		
	3	0.7	6.1	0.8	5.78
		0.8	5.9		
		0.9	6.3		
		0.8	4.9		
		0.8	5.7		
12	1	1.3	7.5	1.42	7.88
		1.5	7.8		
		1.3	8.2		
		1.6	7.9		
		1.4	8		
	2	1.6	9.2	1.68	9.82
		1.7	9.5		
		1.7	9.8		
		1.8	10.1		
		1.6	10.5		
	3	1.9	13.4	1.78	13.88
		1.6	14.3		
		1.8	13.6		
		1.9	13.5		
		1.7	14.6		
16	1	2.1	16.5	2.06	17.74
		2	18.2		
		1.9	18.4		
		2.1	18.1		
		2.2	17.5		
	2	2.3	17.3	2.32	18.7

		2.2	19.3		
		2.4	18.6		
		2.5	19.4		
		2.2	18.9		
	3	2.5	19.8	2.5	20.4
		2.4	20		
		2.5	20.3		
		2.6	20.7		
		2.5	21.2		

Berdasarkan tabel 4.1 , dapat dihitung besarnya daya yang dihasilkan oleh media turbin angin dari beberapa variasi yang dilakukan. Berikut ini adalah data hasil daya listrik yang dihasilkan:

Tabel 4.3 Daya yang dihasilkan

Jumlah bilah	Panjang bilah	Daya
8	1	2.0176E-06
	2	2.8148E-06
	3	0.000004624
12	1	0.000010119
	2	0.000016498
	3	0.000024706
16	1	0.000036544
	2	0.000043384
	3	0.000051

4. Uji Kelayakan dan Revisi Produk

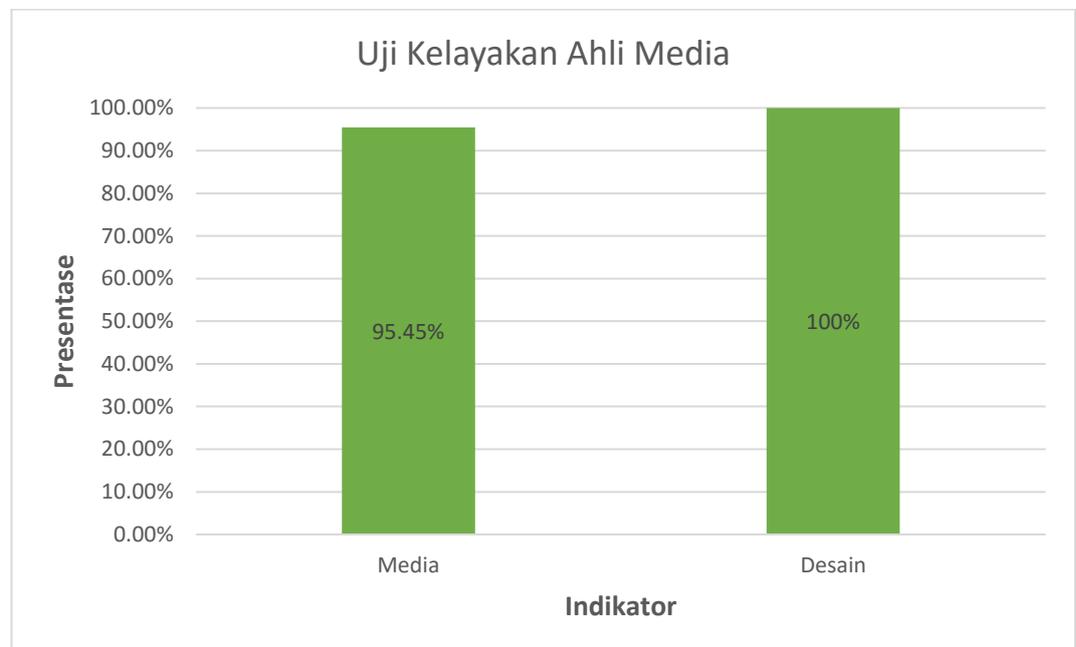
Media turbin angin yang telah dikembangkan kemudian dilakukan uji kelayakan oleh ahli materi dan ahli media untuk mengetahui kelayakan media turbin angin yang telah dikembangkan.

a. Ahli Media

Uji kelayakan oleh ahli media dilaksanakan guna mengetahui kualitas media turbin angin yang telah dikembangkan ditinjau dari segi media. Uji kelayakan ahli media melibatkan seorang dosen

fisika Universitas Negeri Jakarta yang telah profesional di bidangnya.

Penilaian dilakukan dengan kuesioner uji ahli media yang berisi 14 butir pertanyaan. Skala penilaian yang digunakan adalah skala 1 sampai 4 dengan rentang “sangat tidak setuju” sampai “sangat setuju”. Dengan interpretasi skor menggunakan skala Likert yaitu 0% sampai 100% dengan rentang “sangat tidak baik” sampai “sangat baik”. Berikut data hasil uji kelayakan oleh ahli media.



Gambar 4.7 Uji kelayakan ahli media

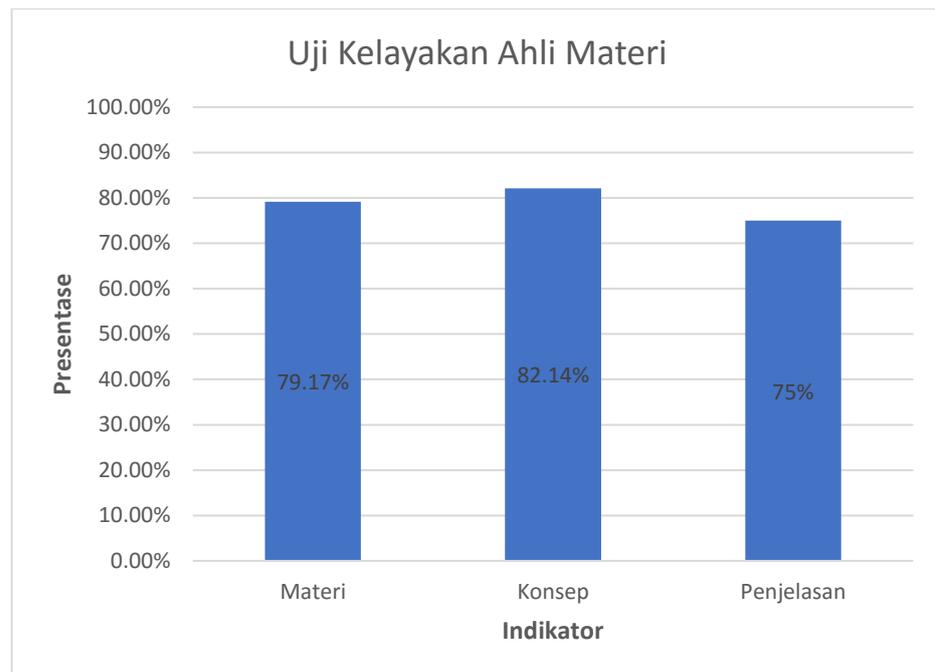
Adapun beberapa saran yang diberikan guna meningkatkan kelayakan media turbin angin yang telah dikembangkan ditinjau dari segi media adalah sebagai berikut:

1. Untuk keamanan saat digunakan, sebaiknya tepi baling-baling kipas diberi pelindung agar tidak membahayakan siswa.
2. Lalu, apakah memungkinkan apabila pompa air tidak terendam air?

b. Ahli Materi

Uji kelayakan oleh ahli materi dilakukan guna mengetahui kualitas media turbin angin ditinjau dari segi materi. Uji kelayakan ahli materi melibatkan seorang dosen fisika Universitas Negeri Jakarta yang telah professional dalam bidangnya.

Penilaian dilakukan dengan menggunakan kuesioner uji ahli materi yang berisi 17 butir pertanyaan. Skala penilaian yang digunakan adalah skala 1 sampai 4 dengan rentang “sangat setuju” hingga “sangat tidak setuju”. Dengan interpretasi skor menggunakan skala Likert yaitu 0% sampai 100% dengan rentang “sangat tidak baik” hingga “sangat baik”. Berikut adalah data hasil uji kelayakan oleh ahli materi.



Gambar 4.7 Uji kelayakan ahli materi

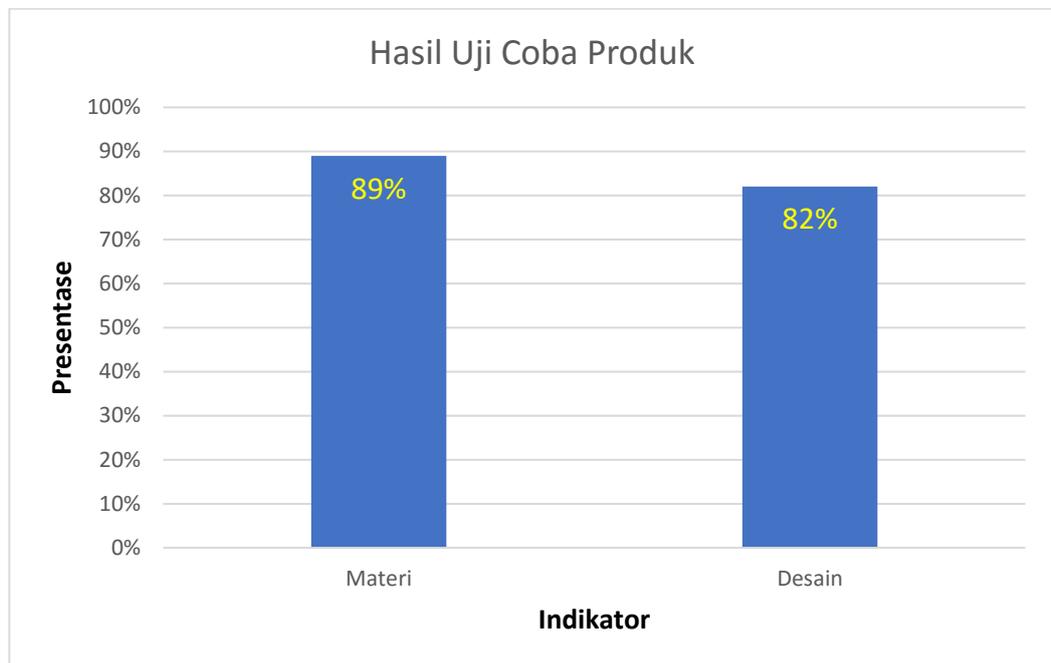
Adapun saran yang diberikan oleh ahli materi guna meningkatkan kelayakan media turbin angin yang telah dikembangkan ditinjau dari segi materi adalah sebagai berikut:

1. Mengatur posisi letak materi sehingga berurutan.
2. Pendekatan Problem Based Learning harus muncul di langkah kegiatan.

5. Uji Coba Produk

Selain dilakukan uji kelayakan oleh dosen fisika Universitas Negeri Jakarta, dilakukan pula uji coba produk terhadap siswa kelas XII IPA SMA Negeri 1 Lohbener, Indramayu. Uji coba dilakukan dengan menggunakan instrument berbentuk angket guna mengetahui respon siswa terhadap media turbin angin dalam pembelajaran fisika.

Uji coba produk dilakukan dengan melibatkan 30 siswa. Uji coba produk pada kelompok besar bertujuan untuk mengetahui kelayakan media turbin angin sebagai media pembelajaran fisika. Hasil dari uji coba ini untuk mengetahui implementasi dan kelayakan produk secara lebih luas sehingga dapat diketahui apakah produk yang telah dikembangkan layak untuk dijadikan sebagai media pembelajaran. Berikut data hasil uji coba produk yang dilakukan:



Gambar 4.8 Uji coba produk

B. Pembahasan

Penelitian dilakukan dengan melalui rangkaian tahapan yang dilaksanakan secara teratur dan sistematis. Tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Tahap pengembangan alat.
- b. Perakitan Alat.
- c. Uji coba alat
- d. Uji kelayakan dan revisi produk.
- e. Uji coba lapangan.

Pada tahapan pengembangan alat, peneliti membuat desain awal turbin angin yang akan dikembangkan. Pemilihan desain dipilih berdasarkan keadaan angin di tempat pemasangan turbin angin, efektivitas turbin angin dan saran dari pembimbing sehingga peneliti mengembangkan media turbin angin dengan sumbu vertikal. Pada tahap ini juga mempertimbangkan kompetensi dasar yang akan dicapai dari penggunaan produk yang telah dikembangkan.

Pada tahap perakitan alat, peneliti menentukan komponen-komponen yang akan digunakan dalam pembuatan media turbin angin. Setelah dibuat media turbin angin, dilakukan uji coba di labrotorium RnD Universitas Negeri Jakarta. Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan dengan jumlah bilah sebanyak 8 buah dan dilakukan variasi panjang lengan, didapat tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh media turbin angin mengalami peningkatan walaupun tidak terlalu signifikan. Sedangkan untuk jumlah bilah sebanyak 12 dan 16 bilah, peningkatan hasil tegangan, arus dan daya juga terjadi dan berbanding lurus dengan panjang lengan turbin angin.

Berasarkan hasil uji coba yang dilakukan, jumlah bilah yang optimal untuk digunakan adalah sebanyak 16 buah dan dengan panjang lengan variasi ketiga atau yang terpanjang. Adapun penggunaan bahan aluminium sebagai penampang dan lengan turbin angin karena aluminium memiliki massa yang ringan dan tahan lama dibandingkan bahan lain seperti besi yang mudah berkarat. Sedangkan penggunaan acrylic sebagai penampang turbin karena bahan acrylic cukup kuat untuk menopang lengan turbin angin dan penampang turbin angin.

Pada tahapan uji kelayakan dan revisi produk, peneliti melakukan validasi terhadap media turbin angin yang telah dikembangkan. Uji kelayakan dilakukan oleh dua ahli, yaitu ahli media dan ahli materi. Para ahli memvalidasi media turbin angin yang telah dikembangkan dengan menggunakan instrument yang telah dibuat dengan sejumlah pertanyaan sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Hasil uji kelayakan media turbin angin oleh ahli media menunjukkan rata-rata presentase 96,43 % dengan interpretasi sangat baik. Adapun rincian hasil uji kelayakan media turbin angin oleh ahli media adalah sebagai berikut: (1). Media turbin angin sebesar 95,45%, (2) Desain turbin angin sebesar 100%.

Hal ini menunjukkan bahwa media turbin angin yang telah dikembangkan sudah memenuhi syarat kelayakan dari segi media. Adapun saran yang diberikan oleh ahli media untuk kesempurnaan media turbin angin adalah : (1) Untuk segi keamanan, sebaiknya tepi baling-baling diberi pelindung supaya tidak membahayakan siswa, (2). Apakah memungkinkan untuk pompa(mesin) tidak terendam dalam air.

Hasil uji kelayakan media turbin angin oleh ahli materi , menunjukkan rata-rata presentase 79,14 % dengan interpretasi sangat baik. Adapun rincian hasil uji kelayakan media turbin angin oleh ahli materi adalah sebagai berikut : (1) Materi yang dapat dijelaskan turbin angin sebesar 79,17% , (2) Konsep yang dapat dijelaskan turbin angin sebesar 82,14%, (3) Penjelasan turbin angin mengenai permasalahan energi sebesar 75%.

Hal ini menunjukkan bahwa media turbin angin yang telah dikembangkan sudah memenuhi syarat kelayakan dari segi materi. Beberapa saran yang diberikan oleh ahli materi untuk kesempurnaan media turbin angin adalah: (1) Mengatur posisi letak materi pada lembar kerja siswa sehingga runut, (2) Pada lembar kerja siswa, munculkan pendekatan problem based learning di langkah kegiatan.

Hasil uji kelayakan oleh kedua ahli (ahli media dan ahli materi) menyatakan bahwa kedua ahli memberikan kategori sangat baik. Hal ini memiliki arti bahwa dari sudut pandang keilmuan fisika dan sebagai media, serta sebagai sarana dan prasarana untuk pembelajaran peserta didik, penilaian-penilaian tersebut memberi isyarat bahwa media turbin angin yang telah dikembangkan layak diuji cobakan di lapangan.

Pada tahapan uji coba produk, peneliti melaksanakan uji coba produk di SMA Negeri 1 Lohbener, Indramayu. Pada uji coba produk dilakukan dengan melibatkan 30 orang peserta didik yang bertujuan untuk memutuskan bahwa produk pengembangan telah sesuai dan layak dengan tujuan yang akan dicapai. Hasil dari uji coba ini untuk mengetahui keberterimaan dan kelayakan produk secara lebih luas

sehingga dapat diketahui apakah produk yang telah dikembangkan layak dijadikan sebagai media pembelajaran atau tidak.

Uji coba media turbin angin menunjukkan rata-rata presentase 86,11% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa media turbin angin yang telah dikembangkan telah layak untuk dijadikan sebagai media pembelajaran bagi peserta didik.

BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil validasi yang telah dilakukan oleh ahli media dan ahli materi, serta uji coba kepada siswa, maka dapat disimpulkan bahwa media turbin angin untuk feeder aquarium mandiri energi layak dijadikan sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran fisika dengan interpretasi sangat baik.

B. Implikasi

Media turbin angin untuk feeder energi smart aquarium yang telah dikembangkan dapat dijadikan sebagai sumber belajar bagi peserta didik di sekolah. Selain itu, media turbin angin untuk feeder energi smart aquarium yang telah dikembangkan dapat pula dijadikan referensi bagi masyarakat umum mengenai sumber energi alternatif untuk mengurangi konsumsi energi dari PLN.

C. Saran

Penelitian yang telah dilakukan tentunya masih terdapat kekurangan, oleh karena itu untuk meningkatkan kualitas pembelajaran fisika, penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Pengembangan lebih lanjut media pembelajaran ini dengan ukuran yang lebih proporsional serta dengan warna yang lebih menarik sehingga mudah disimpan dan digunakan.
2. Penelitian lebih lanjut untuk perlu dilakukan untuk bisa menciptakan media turbin angin dengan material yang lebih bagus dan mudah digunakan bagi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. 2009. *Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Mata Kuliah Medan Elektromagnetik*. Vol 5 No. 1. Yogyakarta: UNY.
- Arsyad, Azhar. 2015. *Media Pembelajaran Edisi Revisi*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2015. *Outlook Energi Indonesia 2015*. Jakarta: BPPT.
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistik Energi dan Air Bersih Daerah Provinsi DKI Jakarta*. BPS: Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistik Kependudukan Daerah Provinsi DKI Jakarta*. BPS: Jakarta.
- Borg, W. R. & Gall, M. D. 2003. *Educational Research: An Introduction (7th Ed)*. New York: Springer.
- Branch, Robert Maribe. 2009. *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer.
- Darmawan, Hendra. 2014. *Perancangan Turbin Angin Tipe Savonius L Sumbu Vertikal*. UMRH: 3.
- Dick, W., Carey, L. & Carey, J. O. 2015. *The Systematic Design Of Instruction*. Boston: Harper Collin College Publisher.
- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. 2016. *Solusi Listrik OFF-Grid Berbasis Energi Terbarukan di Indonesia*. Jakarta: ESDM.
- Fatoni, Imam. 2015. *Makalah Energi Terbarukan*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta :Erlangga
- Habiba, S., Suryani C. 2006. *Analisis Efektifitas Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Pada PT. Energi Sengkang*. Volume 1 No 2 April 2006. Makassar: Universitas Islam Makassar.
- Harjanto, Tri Nur. 2008. *Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil dan Prospek PLTN sebagai Sumber Energi Listrik Nasional*. Volume 1 No 1 April 2008. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir : BATAN.

- Haryati, Sri. 2012. *Research and Development (RnD) sebagai Salah Satu Model Penelitian dalam Bidang Pendidikan*. Madura: Universitas Trunodjoyo Madura. Vol 37 No 1 September 2012.
- Hasan, Yaziz. 2015. *Energi dan Penggunaannya*. Jakarta: Batan Press.
- Hofman, H., Harun. 1987. *Energi Angin*. Jakarta: Bina Cipta.
- Ismail, Yusuf N., Saleh Chorul. 2015. *Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2016. *Kontekstualisasi Pembelajaran Fisika SMA*. Jakarta: Kemendikbud 2016.
- Kumara, S. N. 2009. *Telaah terhadap Program Percepatan Pembangunan Listrik melalui Pembangunan PLTU Batubara 10.000MW*. Volume 8 No 1 Januari 2009. Bali: Kampus Bukit Jimbaran.
- Losung R, Makainas I. 2011. *Konservasi Energi dalam Arsitektur*. Vol 8 No 3 November 2011. Unsrat.
- Mustofa, Notosudjono, D., Suhendi D. 2014. *Perancangan Pembangkit Listrik Menggunakan Generator Magnet Permanen Dengan Motor DC Sebagai Prime Mover*. Universitas Pakuan: Bogor.
- Peraturan Kementerian Energi dan Sumber Daya Manusia Republik Indonesia nomor 31 Tahun 2014
- Peraturan pemerintah RI no 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional
- Rauf, Rosnita. 2013. *Konsep Integrasi Pembangkit Berbasis Energi terbarukan sebagai Sistem Microgrid di Kabupaten Pesisir Selatan*. Volume 2 no 2 september 2013. Makasar: Universitas Andalas.
- Soeripno MS. 2011. *Potensi dan Pengembangan Energi Angin di Indonesia*. Jakarta : MEAI.
- Susa'at, S. 2014. *Pengenalan Komponen dan Prinsip Kerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Suyitno, M. 2011. *Energi Alternatif*. Surakarta: Yuma Pustaka.
- Syahrul. 2008. *Prospek Pemanfaatan Energi Angin sebagai Energi Alternatif di Daerah Pedesaan*. Vol 3 no 2 desember 2008. Malang: UNM.
- Tegeh, I Made. 2014. *Model Penelitian Pengembangan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

The British Wind Energy Association. 2005. *Wind Turbine Technology*. London: BWEA.

Undang-Undang No.20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional, pasal 1, ayat 20.

Wind Hybrid Power Generation. 2013. *Bagian-Bagian Turbin Angin*. Jakarta: BPPT.

Young So P. 2014. *Implementasi Kebijakan Konservasi Energi di Indonesia*. Volume 1, Nomor 1 2014. Universitas Katolik Parahyangan.

LAMPIRAN

A. Hasil Uji Kelayakan 1. Ahli Media

Indikator	No. Butir	Skor	Presentase	Interpretasi	Presentase	Interpretasi
Media	Butir 1	4	100%	Sangat Baik	95.45%	Sangat Baik
	Butir 2	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 3	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 4	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 5	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 6	3	75%	Baik		
	Butir 7	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 8	3	75%	Baik		
	Butir 9	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 10	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 11	4	100%	Sangat Baik		
Desain	Butir 12	4	100%	Sangat Baik	100%	Sangat Baik
	Butir 13	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 14	4	100%	Sangat Baik		

2. Ahli Materi

Indikator	No. Butir	Skor	Presentase	Interpretasi	Presentase	Interpretasi
Materi	Butir 1	3	75%	Baik	79.17%	Sangat Baik
	Butir 2	3	75%	Baik		
	Butir 3	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 4	3	75%	Sangat Baik		
	Butir 5	3	75%	Sangat Baik		
	Butir 6	3	75%	Baik		
Konsep	Butir 7	4	100%	Sangat Baik	82.14%	Sangat Baik
	Butir 8	4	100%	Sangat Baik		
	Butir 9	3	75%	Baik		
	Butir 10	3	75%	Baik		
	Butir 11	3	75%	Baik		
	Butir 12	3	75%	Baik		
	Butir 13	3	75%	Baik		
Penjelasan	Butir 14	3	75%	Baik	75%	Baik
	Butir 15	3	75%	Baik		
	Butir 16	3	75%	Baik		
	Butir 17	3	75%	Baik		

B. Instrumen Uji Kelayakan

1. Ahli Media

INSTRUMEN UJI KELAYAKAN MEDIA PEMBELAJARAN “TURBIN ANGIN UNTUK FEEDER ENERGI AQUARIUM MANDIRI ENERGI”

AHLI MEDIA

Sebagai bagian dari penelitian dengan judul

**Pengembangan Turbin Angin Untuk Feeder Energi Aquarium Mandiri Energi Sebagai
Media Pembelajaran**



*Building
Future
Leaders*

Nama Penguji / Validator	DWI SUSANTI, M.Pd
Pekerjaan	DOSEN PRODI PEND. FISIKA

Komentar dan Saran

- Untuk segi keamanan, sebaiknya tepi (pinggiran) KALINEX KIPAS
diberi pelindung supaya tidak membahayakan siswa
- Lalu apakah memungkinkan untuk pompa (mesin) tidak terendam
dalam air

Jakarta, - - 2017

Shant

(DWE SUSANTI, M.Pd.)

NIP: 19810621200501

2. Ahli Materi

INSTRUMEN UJI KELAYAKAN MEDIA PEMBELAJARAN
“TURBIN ANGIN UNTUK FEEDER ENERGI AQUARIUM
MANDIRI ENERGI”

AHLI MATERI

Sebagai bagian dari penelitian dengan judul

Pengembangan Turbin Angin Untuk Feeder Energi Aquarium Mandiri Energi Sebagai
Media Pembelajaran



*Building
Future
Leaders*

Nama Penguji / Validator	<i>I made cetera</i>
Pekerjaan	<i>Docen</i>

15	Media turbin angin dapat membantu peserta didik dalam menemukan solusi permasalahan energi yang terjadi	✓		
16	Media turbin angin dapat membantu peserta didik menindak lanjuti solusi dari permasalahan energi yang terjadi	✓		
17	Media turbin angin dapat dijadikan sebagai acuan sumber energi alternatif yang sesuai dengan potensi sumber energi di Indonesia	✓		

Komentar dan Saran

- akan lebih baik jika materi Sbg Kurikulum
- dan P. B. L. muncul di tingkat legiatan

Jakarta, - / - 2017

[Handwritten Signature]

(./made artu)

NIP :

C. Hasil Uji Coba Produk

Siswa	Materi									Desain					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6
1	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4
2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	4	3	4
3	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3	4	4
4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
5	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	4
6	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4
7	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3	4
8	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4
9	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	3	4	4
10	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
12	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	4	4
13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4
14	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4
15	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	2	3	4
16	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4
17	4	3	4	4	1	4	4	3	3	4	3	4	2	3	4
18	4	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	4	2	2	3
19	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	4	2	3	3
20	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4
21	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
22	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
23	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
24	4	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3	2	4	4
25	4	3	2	4	3	4	4	4	4	3	3	4	2	3	4
26	4	3	3	4	4	3	4	3	4	2	2	4	2	4	4
27	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	2	2	3
28	4	4	4	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	4
29	4	3	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3	2	3	3
30	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4
%	98%	88%	91%	96%	89%	95%	96%	89%	93%	83%	78%	92%	74%	86%	99%
%	89%									82%					
I	SANGAT BAIK									SANGAT BAIK					

B	Desain				
1	Instruksi yang diberikan pada buku panduan jelas.		✓		
2	Urutan langkah-langkah pada buku petunjuk sistematis.		✓		
3	Media turbin angin memiliki bentuk yang menarik	✓			
4	Media turbin angin mudah dirakit dan digunakan		✓		
5	Alat pengukuran yang digunakan terbaca dengan jelas dan akurat.	✓			
6	Alat dan bahan yang digunakan ramah lingkungan	✓			

Indramayu, 01 Agustus 2017

Tanda tangan



Nama : Putri Anjen

E. Surat Penelitian



**PEMERINTAH DAERAH PROVINSI JAWA BARAT
DINAS PENDIDIKAN
SMA NEGERI 1 LOHBENER**

Terakreditasi : A (Amat Baik)
SK.Nomor : 02.00/112/BAP-SM/SK/X/2015
Jl. Raya Utara Lohbener Telp. (0234) 276741 Indramayu Kode Pos 45252

SURAT KETERANGAN

Nomor : 800 / 026 / TU

Berdasarkan Surat dari Dekan Universitas Negeri Jakarta (UNJ),
Nomor : 680/6.FMIPA/DT/2017, Tanggal 18 Juli 2017 Tentang Ijin
Penelitian, Kepala SMA Negeri 1 Lohbener menerangkan bahwa :

Nama : **BAGUS ANDRIANTO**
NPM : 3215133240
Program Study : Pendidikan Fisika
Semester : VIII (delapan) / Tahun Akademik 2016/2017
Jenjang : S1
Lembaga : Universitas Negeri Jakarta

Yang bersangkutan benar telah melakukan Penelitian di SMA Negeri 1
Lohbener pada tanggal 1 s.d 5 Agustus 2017 dalam rangka penyusunan
skripsi dengan judul.

**“PENGEMBANGAN TURBIN ANGIN SEBAGAI FEEDER ENERGI SMART
AQUARIUM SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN.”**

Demikian Surat Keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan
sebagaimana mestinya.

Lohbener, 5 Agustus 2017
Kepala SMA Negeri 1 Lohbener

ZAENAL ARIFIN, S.Pd
Pembina Tk.I
NIP. 19590119 198703 1 003

F. Sertifikat Seminar



G. Sertifikas Asisten Laboratorium

H. Riwayat Hidup Peneliti

Bagus Andrianto, lahir di Pematang, 5 Agustus 1996. Anak pertama dari pasangan Dalari dan Suemi. Bersama kedua orangtua dan dua adiknya yaitu Ricky Delfianto dan Ratih Amelia, Jalan Manunggal nomor 53 RT/RW 07/07 Kelurahan Meruya Selatan, Kecamatan Kembangan, merupakan tempat tinggalnya saat ini. Sangat hobi dengan olahraga yang menurutnya erat kaitannya dengan fisika dan kehidupan.



Selama enam tahun menempuh jenjang Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 10 Kebon Jeruk, Jakarta Barat dari tahun 2002 hingga lulus pada tahun 2008.

Dilanjutkan dengan tiga tahun menempuh jenjang Pendidikan Menengah Pertama di SMP Negeri 75 Jakarta dari tahun 2008 hingga lulus pada tahun 2011. Kemudian dilanjutkan kembali dengan menempuh jenjang Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 65 dan mengikuti kelas akselerasi hingga lulus pada tahun 2013. Setelah itu dilanjutkan di jenjang universitas di Universitas Negeri Jakarta pada program studi Pendidikan Fisika hingga saat ini.