

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGUNAKAN TURBIN ANGIN *SAVONIUS*

Agus Nurdiyanto

S1Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : agusnurdiyanto@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : Subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Untuk menghasilkan energi listrik dari energi angin perlu alat yaitu turbin angin dimana turbin yang digunakan turbin angin bertipe vertikal yaitu model *savonius*. Keunggulan dari turbin angin bertipe vertikal yaitu tidak tergantung pada arah angin dan konstruksinya lebih sederhana. Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana cara merancang *prototype* pembangkit listrik tenaga angin dan mengetahui kinerja dari *prototype* pembangkit listrik tenaga angin yang telah dibuat. Desain *prototype* pembangkit listrik tenaga angin sebagai penghasil energi listrik yang kemudian disimpan baterai (aki) sehingga dapat menyalakan beban. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu eksperimen. Dari hasil pengujian *prototype* pembangkit listrik tenaga angin yang telah dibuat dalam pengukuran kecepatan angin diperoleh rata-rata sebesar 5,6 m/s menghasilkan tegangan pengisian sebesar 12,6 volt dan arus sebesar 0,12 A. Sedangkan pada saat rata-rata kecepatan angin sebesar 5,4 m/s menghasilkan tegangan pengisian sebesar 12,5 volt dan arus sebesar 0,12 A. Dalam lama pengisian aki dengan kapasitas 12 volt, 3,5 Ah membutuhkan waktu sebesar 29 jam. Pemakaian aki dengan beban lampu DC 10 watt yaitu 15 jam dan untuk lampu DC 5 watt 38 jam.

Kata Kunci: Angin, Energi Terbarukan, Generator DC, Turbin *Savonius*.

Abstract

Wind energy is one of the renewable energy sources that can be used to produce electricity. To produce electrical energy from wind energy, a tool is needed, namely a wind turbine where the turbine used is a vertical type wind turbine, the *Savonius* model. The advantage of vertical type wind turbines is that they do not depend on wind direction and the construction is simpler. The purpose of this research is how to design a wind power plant prototype and determine the performance of a wind power plant prototype that has been made. The design of a wind power plant prototype as a producer of electrical energy which is then stored in a battery (battery) so that it can ignite the load. The method used in the research is experiment. From the results of the prototype testing of wind power plants that have been made in the measurement of wind speed obtained an average of 5.6 m / s produces a charging voltage of 12.6 volts and a current of 0.12 A. Whereas at the average wind speed at 5.4 m / s it produces a filling charge of 12.5 volts and a current of 0.12 A. In a long period of charging a battery with a 12 volt capacity, 3.5 Ah takes 29 hours. The use of batteries with a 10 watt DC lamp load is 15 hours and for DC lamps 5 watts 38 hours.

Keywords: Wind, Renewable Energy , Generator DC, Turbine *Savonius*.

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar tidak terbarukan untuk menghasilkan listrik jika digunakan terus-menerus akan habis. Maka dari itu perlunya pemanfaatan bahan bakar yang terbarukan untuk menghasilkan listrik seperti dari matahari, angin, air, dan nuklir. Salah satunya adalah pemanfaatan angin dimana di Indonesia dapat dilihat pada tahun 2016 pembangkit

yang menggunakan energi angin sebesar 7 unit (statistik ketenagalistrikan, 2016:8).

Angin merupakan massa udara yang bergerak dari daerah bertekanan maksimum ke daerah bertekanan minimum. Untuk dapat menghasilkan energi listrik dari energi angin membutuhkan alat berupa turbin angin. Energi angin diharapkan menjadi salah satu cara solusi menggantikan bahan bakar fosil.

Salah satu jenis turbin yaitu turbin angin sumbu vertikal dimana turbin aumbu tegak yang gerakan poros dan rotornya sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin (Nakhoda, 2015). Keunggulan dari turbin ini yaitu tidak tergantung pada arah angin, konstruksinya lebih sederhana, dan perangkat mekanik dan listriknya.

Tujuan penelitian yaitu menghasilkan rancang bangun dan mengetahui hasil kinerja dari *prototype* pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin angin savonius untuk mengisi aki.

KAJIAN PUSTAKA

Energi Angin

Energi angin adalah sumber energi yang dapat pula dikatakan berasal dari energi matahari melalui radiasi panasnya dipermukaan bumi yang berbeda-beda sehingga menimbulkan perbedaan temperatur dan rapat massa udara di permukaan bumi yang mengakibatkan terjadinya perbedaan tekanan sehingga kemudian menjadi aliran udara (Nursuhud, 2006:10). Tiupan angin di udara terbuka pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 (dua) aliran, yaitu (Wibawa, 2017:129):

1. Aliran Laminar
Adalah pergerakan udara (angin) dengan tanpa adanya hambatan, baik berupa pepohonan atau bangunan.
2. Aliran Turbulen
Terbentuknya sebagai akibat terganggunya aliran laminar akibat tumbukan antara udara yang bergerak dengan benda padat lain, seperti pepohonan atau bangunan.

Berikut Tabel 1 menunjukkan skala dan klasifikasi kecepatan angin berdasarkan berbagai tingkat kecepatan dan istilah atau sebutan yang menyertainya. Istilah atau sebutan tersebut lebih sebagai indikator atas besarnya kecepatan angin yang terjadi.

Tabel 1 Skala dan klasifikasi kecepatan angin

Klas	Sebutan	Indikator	v (m/s)
0	Hening	Asap bergerak vertikal	0
1	Udara ringan	Arahnya ditunjukkan oleh gerak asap	1
2	Tiupan ringan	Terasa di wajah, daun-daunan berdesir	2-3

Lanjutan Tabel 1

3	Tiupan sopan	Daun, bendera, ranting kecil bergerak	4-5
4	Tiupan sedang	Debu dan potongan kertas berterbangan, dahan kecil bergerak	6-8
5	Tiupan segar	Pohon-pohon kecil bergoyang	9-11
6	Tiupan kuat	Dahan besar bergoyang, kawat bersiul	12-14
7	Sedikit ribut	Seluruh pohon bergerak, orang berjalan agak terhalang	15-17
8	Ribut	Ranting pohon patah, berjalan sulit	18-20
9	Sangat ribut	Struktur ringan mulai rusak	21-24
10	Topan badai	Pohon tercabut sampai akarya, beberapa bangunan runtuh	>24

(Sumber: Wibawa, 2017:132)

Dari Tabel 1 dapat diketahui dengan lebih jelas, bahwa kecepatan angin yang ideal untuk suatu pembangkit daya listrik berada pada kecepatan angin antara 6 m/s-20 m/s. Kurang dari 6 m/s lebih sesuai untuk diubah menjadi energi mekanik, dan lebih dari 20 m/s sudah tidak layak lagi, karena anginnya terlalu besar.

Sebagaimana diketahui menurut fisika klasik energi kinetik dari sebuah benda dengan massa m dan kecepatan v adalah (Kadir, 1990:244):

$$E = 0,5 mv^2 \quad (1)$$

Keterangan :

E = Energi (joule);

m = massa udara (kg);

v = kecepatan angin (m/detik).

Konstruksi Turbin Angin

Konstruksi dan dimensi perangkat keras dalam sistem konversi energi angin sangatlah beragam, antara lain bergantung pada pemakaian, kapasitas, dan penempatan. Pada daerah dengan rata-rata kecepatan angin yang rendah, energi angin bisa diubah menjadi energi mekanik untuk

dimanfaatkan sebagai penggerak (Wibawa, 2017:134):

Vertikal Axis Wind Turbine (VAWT)

VAWT merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin (Nakhoda, 2015:61). Poros *vertikal* pertama ini dikenal dengan sebutan rotor *Savonius*, yang waktu itu banyak digunakan sebagai *ventilator* udara, dan dibuat dari bahan plat baja (Wibawa, 2017:135).

Untuk mengetahui daya turbin yang dihasilkan sebagai berikut (Kadir, 1990:245).

$$P = \frac{q \cdot A \cdot v^3}{2} \quad (2)$$

Keterangan:

- P = Daya turbin (Watt),
- q = Kepadatan udara (kg/m^3),
- A = Luas penampang sapuan turbin (m^2),
- v = Kecepatan angin (m/s).

Generator DC

Generator dc adalah peralatan listrik yang merubah energi kinetik mekanik (gerak putar) menjadi energi listrik arus searah. Bagian utama generator dc terdiri dari bagian yang tidak bergerak (stator) dan bagian yang bergerak (rotor) (Sulasno, 2009:81). Bagian generator arus searah yang termasuk stator adalah badan generator, magnet, dan sikat-sikat. Sedangkan bagian rotor diantaranya adalah jangkar beserta lilitannya (Joko, 2015:7).

1. Badan Generator

Fungsi utama dari badan generator adalah sebagai bagian dari tempat mengalirnya flux magnet yang dihasilkan kutub-kutub magnet, karena itu badan generator dibuat dari bahan *ferromagnetic*.

2. Inti Kutub Magnet dan Lilitan Penguat Magnet

Lilitan penguat magnet berfungsi mengalirkan arus listrik searah untuk terjadinya proses *elektromagnetisme*.

3. Sikat Arang

Fungsi sikat arang sebagai jembatan bagi aliran arus dari lilitan jangkar ke badan listrik. Sikat arang juga memiliki peranan penting pada terjadi komutasi. Agar gesekan antara komutator dan sikat tidak mengakibatkan komutator aus maka bahan sikat arang (*coal*) lebih lunak daripada komutator.

4. Komutator

Komutator berfungsi sebagai penyearah mekanik, dan bersama-sama dengan sikat arang membuat suatu kerja sama yang disebut komutasi. Bagian-bagian utama pada komutator adalah sebagai berikut.

- a. Komutator bar, merupakan tempat terjadinya pergesekan antara komutator dengan sikat-sikat.
- b. Riser, merupakan bagian yang menjadi tempat hubungan komutator dengan ujung dari lilitan jangkar.

Aki

Akumulator (aki) adalah sebuah alat yang dapat menerima, menyimpan dan mengeluarkan energi listrik, melalui proses kimia. Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali yang lebih dikenal aki. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif tidak dapat dibalik lagi maka memerlukan penggantian bahan pereaksi (elemen kering) (Setiono, 2015). Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian aki, dapat menggunakan perhitungan pada persamaan berikut (Rizky, 2016):

$$N = I \times t \quad (3)$$

Keterangan:

- t = Waktu yang kita inginkan (Hours)
- N = Kapasitas (Ampere hours)
- I = Arus Pengisian (Ampere)

Regulator Tegangan

Regulator tegangan adalah komponen elektronika yang berfungsi menstabilkan tegangan pada nominal tertentu. Regulator tegangan menggunakan IC LM7815 yang memiliki 3 buah terminal yaitu *input* (V_{in}) yang terhubung ke sumber, terminal *output* (V_{out}) yang terhubung ke beban, terminal *ground* (GND) yang terhubung ke *ground*

METODE PENELITIAN

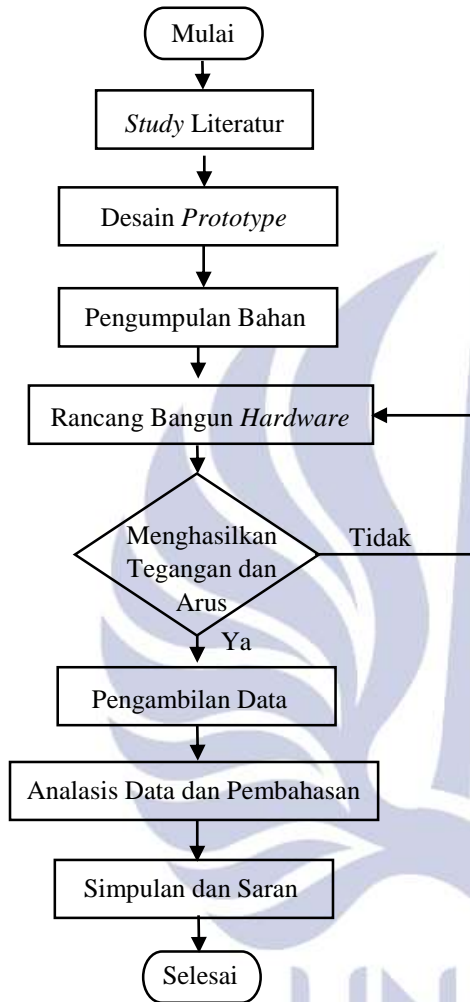
Pendekatan Penelitian

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu metode yang relevan dengan tujuan yang ingin dicapai. Metode penelitian yang digunakan penulis adalah eksperimen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan *prototype* pembangkit listrik tenaga angin menggunakan model turbin *savonius*.

Tahapan Penelitian

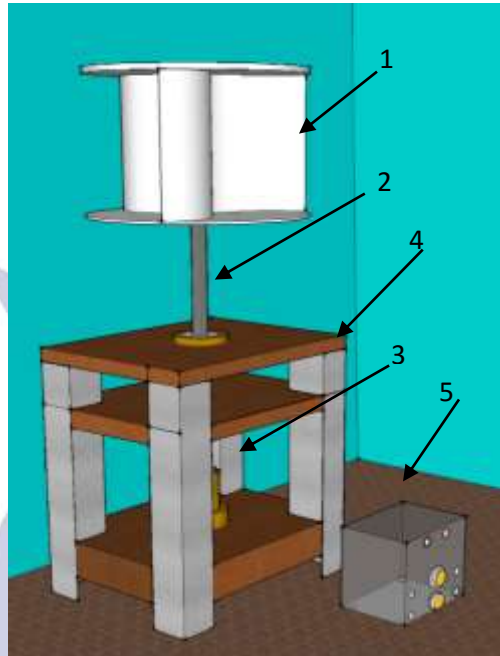
Tahapan penelitian ini secara garis besar di jelaskan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada bagian ini menjelaskan tahapan rancangan penelitian. Pertama mempelajari hal yang diperlukan dalam pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga angin dengan membaca jurnal yang sudah ada. Langkah selanjutnya mempelajari tentang pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga angin yaitu mendesain *hardware* di *software* SketchUp dan Proteus. Langkah selanjutnya mengumpulkan bahan yang dibutuhkan dan juga alat ukur yang akan digunakan. Langkah selanjutnya setelah bahan terkumpul, maka membuat *prototype* pembangkit listrik tenaga angin sesuai dengan desain asli yang sudah dibuat di *software* yang sudah digunakan. Langkah selanjutnya yaitu proses pengujian dimana apakah hasil sesuai dengan keinginan jika tidak

sesuai maka akan kembali merancang bangun *hardware* jika sesuai maka lanjut ke proses pengambilan data. Selanjutnya setelah data diperoleh menganalisis hasil dari percobaan yang telah dilakukan, dan yang terakhir menarik kesimpulan dari hasil data yang telah dilakukan.



Gambar 2 Desain *prototype* Pembangkit Listrik tenaga Angin

Keterangan Gambar 2:

1. Turbin angin, berupa baling-baling dengan jumlah sudu 3 buah.
2. Rotor, berputar ketika turbin angin berputar.
3. Generator, sebagai penghasil energi listrik.
4. Rangka, sebagai tempat penyangga unit turbin angin dengan generatornya. Bahan yang digunakan berupa besi dan kayu.
5. Box, sebagai tempat menaruh aki berkapasitas 3,5 Ah, lampu berdaya 5 watt dan tempat mengukur tegangan dari generator, arus yang dihasilkan, tegangan pengisian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengambilan data ini dilakukan dengan cara mengukur kecepatan angin selama 6 jam dengan menggunakan alat ukur yaitu anemometer dimana pengambilan data pengukuran kecepatan angin dilakukan 1 jam sekali. Setelah mengetahui kecepatan angin lalu disambungkan ke aki dengang

kapasitas aki 3,5 Ah, dimana yang diukur yaitu tegangan pengisian dan arus pengisian dengan alat ukur multimeter. Yang terakhir yaitu pemakaian aki terhadap beban. Pengambilan data dilakukan 2 kali dengan variasi beban berbeda yaitu 1 lampu dan 2 lampu. Berikut ini hasil rancang bangun *hardware prototype* pembangkit listrik tenaga angin dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Hardware* Pembangkit Listrik Tenaga Angin Keseluruhan

Pengambilan Data Penggunaan Aki ke Beban

Pada saat aki dalam keadaan penuh, maka langkah selanjutnya memasang aki ke beban berupa lampu LED (*Light Emitting Diode*) berdaya 5 watt sebanyak 2 buah. Analisis yang dilakukan pada pengujian ini yaitu mengetahui berapa lama aki dapat menyuplai lampu sampai lampu redup. Dimana penggunaan aki dilakukan 2 pengujian yaitu yang pertama menggunakan 1 lampu dan menggunakan 2 lampu. Untuk hasil pengujian 2 lampu dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Tegangan dan Arus pada 2 lampu

Jam	Tegangan Beban (V)	Arus (mA)
17.30	12,00	290
18.30	11,83	260
19.30	11,55	240
20.30	11,08	210
21.30	9,69	90
22.30	9,02	60
23.30	8,82	50

Lanjutan Tabel 5

00.30	0	0
01.30	0	0
02.30	0	0
04.00	8,34	10
05.00	8,12	10
06.00	8,04	7,4
07.00	0	0
08.00	7,64	1,1

Dari hasil pengujian Tabel 5 diatas dapat dilihat penggunaan arus awal pada beban berupa 2 lampu sebesar 290 mA. Dan aki berkapasitas 3,5 Ah dapat menyuplai 2 lampu selama 15 jam. Setelah melakukan pengujian 2 lampu, langkah selanjutnya pengujian kedua yaitu lama penggunaan aki untuk 1 lampu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Tegangan dan Arus pada 1 lampu

Jam	Tegangan Beban (V)	Arus (mA)
18.00	12,1	210
19.00	11,9	190
20.00	11,7	160
21.00	11,56	157
22.00	11,33	147
23.00	10,33	100
00.00	9,91	80
01.00	0	0
02.00	0	0
03.00	0	0
04.00	9,36	60
05.00	9,28	55,7
06.00	8,81	35,7
07.00	0	0
08.00	8,27	13,2
09.00	8,15	10,5
10.00	8,12	9,4
11.30	8,08	8,5
13.00	7,99	7,5
16.00	7,93	6,2
20.00	7,79	5
22.30	7,70	4,5
04.00	7,61	0,8
05.00	7,52	0,5
06.00	7,35	0,1

Dari hasil pengujian Tabel 6 diatas dapat dilihat penggunaan arus awal pada beban berupa 1 lampu sebesar 210 mA. Dan aki berkapasitas 3,5 Ah dapat menyuplai 1 lampu selama 38 jam.

Pengambilan Data Untuk Pengisian Aki

Setelah aki digunakan untuk menyalakan beban maka perlu di *charging* kembali agar dapat digunakan kembali. Maka dari itu proses pengisian perlu di diamati. Pada proses pengisian dilakukan selama 6 jam untuk setiap pengisiannya. Berikut Tabel 7 merupakan proses pengisian aki untuk 2 lampu.

Tabel 7 Proses Pengisian Aki Untuk 2 Lampu

Lama Pengisian (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Arus (A)	Tegangan Pengisian (Volt)
1 jam	5,7	0,13	14,0
2 jam	6,1	0,14	13,3
3 jam	5,5	0,12	12,0
4 jam	5,3	0,12	12,0
5 jam	5,3	0,12	12,8
6 jam	5,7	0,13	12,0
Rata-rata	5,6	0,12	12,6

Dari hasil Tabel 7 untuk arus paling besar mencapai 0,14 A dengan kecepatan angin sebesar 6,1 m/s dan arus paling kecil mencapai 0,12 A dengan kecepatan angin sebesar 5,3 m/s. Dari pengambilan data selama 6 jam untuk mengetahui lama proses pengisian aki arus yang digunakan yaitu arus rata-rata selama 6 jam sebesar 0,12 A maka dapat dihitung dengan persamaan (3) dimana kapasitas aki (N) sebesar 3,5 Ah dan arus rata-rata (I) sebesar 0,12 A.

Setelah mengetahui lama pengisian aki untuk 2 lampu, langkah selanjutnya melakukan proses pengisian aki untuk 1 lampu dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8 Proses Pengisian Aki Untuk 1 Lampu

Lama Pengisian (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Arus (A)	Tegangan Pengisian (Volt)
1 jam	5,8	0,15	11,0
2 jam	5,7	0,14	11,1
3 jam	5,5	0,12	13,7
4 jam	5,4	0,12	13,3

Lanjutan Tabel 8

5 jam	4,9	0,12	13,1
6 jam	5,2	0,12	13,2
Rata-rata	5,4	0,12	12,5

Dari hasil Tabel 8 untuk arus paling besar mencapai 0,15 A dengan kecepatan angin sebesar 5,8 m/s dan arus paling kecil mencapai 0,12 A dengan kecepatan angin sebesar 4,9 m/s. Dari pengambilan data selama 6 jam untuk mengetahui lama proses pengisian aki arus yang digunakan yaitu arus rata-rata selama 6 jam sebesar 0,12 A maka dapat dihitung dengan persamaan (3) dimana kapasitas aki (N) sebesar 3,5 Ah dan arus rata-rata (I) sebesar 0,12 A.

Dari hasil pengambilan data pada Tabel 7 dan Tabel 8 selama 6 jam untuk pengisian aki pada 1 lampu dan 2 lampu arus pengisian memiliki rata-rata yang sama yaitu sebesar 0,12 A, dan jika dihitung dengan rumus persamaan 3, aki terisi penuh dalam waktu 29 jam.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan simpulan di mana untuk dari hasil pengujian *prototype* pembangkit listrik tenaga angin yang telah dibuat dalam pengukuran kecepatan angin diperoleh rata-rata sebesar 5,6 m/s menghasilkan tegangan pengisian sebesar 12,6 volt dan arus sebesar 0,12 A. Sedangkan pada saat rata-rata kecepatan angin sebesar 5,4 m/s menghasilkan tegangan pengisian sebesar 12,5 volt dan arus sebesar 0,12 A. Dalam lama pengisian aki dengan kapasitas 12 volt, 3,5 Ah membutuhkan waktu sebesar 29 jam. Pemakaian aki dengan beban lampu DC berdaya 10 watt yaitu 15 jam dan untuk lampu DC berdaya 5 watt 38 jam.

Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan yaitu:

Agar dapat dikembangkan agar hasil kinerja semakin baik dan untuk penggunaan generator sebaiknya dapat menghasilkan arus yang besar sehingga untuk proses pengisian dapat lebih cepat lagi

DAFTAR PUSTAKA

Culp, Archie W. 1984. Prinsip-Prinsip Konversi Energi. Terjemahan Darwin Sitompul. Jakarta: Erlangga.

- Direktorat Jendral Ketenagalistrikan , Kementrian
ESDM . 2016. Statistik Ketenagalistrikan
2016 , Edisi No 30 2017.
- Joko, 2015. Mesin Arus Searah. Surabaya: UNESA
UNIVERSITY PRESS.
- Kadir, Abdul. 1990. Energi. Jakarta: UI-Press.
- Nakhoda, Yusuf. 2015. Rancang Bangun Kincir
Angin sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga
Listrik Portabel. Malang: Institut Teknologi
Nasional Malang.
- Nursuhud, Djati dan Astu Pudjanarsa. 2006. Mesin
Konversi Energi. Yogyakarta: ANDI.
- Rizky, dkk. 2016. Rancang Bangun Charger Baterai
Untuk Kebutuhan UMKM. Balikpapan:
Teknik Mesin Politeknik Negeri
Balikpapan.
- Setiono, Iman. 2015. Akumulator, Pemakaian Dan
Perawatannya. Semarang: Teknik Elektro
Universitas Diponegoro. Metana, Vol. 11
No. 1, Juli 2015, Hal. 31-36.
- Sulasno. 2009. Teknik Konversi Energi Listrik dan
Sistem Pengaturan. Yogyakarta: Graha
Ilmu.
- Wibawa, Unggul. 2017. Pendekatan Praktis
Pembangkit Energi Baru & Terbarukan.
Malang: UB-Press.

