

**TUGAS AKHIR**

**STUDI EKSPERIMENTAL PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* VAWT  
DAN PANEL SURYA SECARA OTOMATIS UNTUK PENERANGAN  
LAMPU JALAN**

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Dari Syarat-Syarat Yang Diperlukan  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)*

**Disusun Oleh:**

**DIRGA PRATAMA**

NIM.1605903010042

BIDANG STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS TEUKU UMAR  
2021**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS TEUKU UMAR  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59  
Laman : [www.utu.ac.id](http://www.utu.ac.id), email : [teknikmesin@utu.ac.id](mailto:teknikmesin@utu.ac.id)

### LEMBARAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini dengan judul "Studi Eksperimental Pembangkit Listrik *Hybrid VAWT* Dan Panel Surya Secara Otomatis Untuk Penerangan Lampu Jalan", disusun oleh:

Nama : Dirga Pratama  
NIM : 1605903010042  
Bidang Studi : Teknik Konversi Energi  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah disetujui untuk diseminarkan pada tanggal 05 Januari 2021 dan dinyatakan LULUS serta dapat melanjutkan pada sidang tugas akhir, guna memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar.

Alue Peunyareng, 18 Januari 2021

Disetujui,

Pembimbing I

  
**Maldi Saputra, ST., MT**  
NIP. 198105072015041002

Pembimbing II

  
**Al Munawir, S.Si., M.Sc**  
NIP. 198903142019031011

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
**MAIDI SAPUTRA, ST., MT**  
NIP. 198105072015041002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS TEUKU UMAR  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59  
Laman : [www.utu.ac.id](http://www.utu.ac.id), email : [teknikmesin@utu.ac.id](mailto:teknikmesin@utu.ac.id)

### LEMBARAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

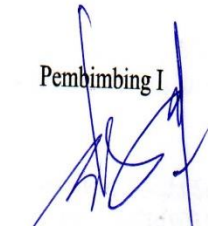
Tugas Akhir ini dengan judul “Studi Eksperimental Pembangkit Listrik *Hybrid VAWT* Dan Panel Surya Secara Otomatis Untuk Penerangan Lampu Jalan”, disusun oleh:

Nama : Dirga Prtama  
NIM : 1605903010042  
Bidang Studi : Teknik Konversi Energi  
Program Studi : Teknik Mesin

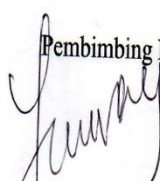
Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 05 Januari 2021, guna memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar.

Alue Peunyareng, 18 Januari 2021  
Disetujui,

Pembimbing I

  
Madi Saputra, ST., MT  
NIP. 198105072015041002

Pembimbing II

  
Al Munawir, S.Si., M.Sc  
NIP. 198903142019031011

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
MAIDI SAPUTRA, ST., MT  
NIP. 198105072015041002



**LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI**

Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Tugas Akhir guna memenuhi salah satu syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, pada 05 Januari 2021.

Nama : Dirga Pratama  
NIM : 1605903010042  
Bidang Studi : Teknik Konversi Energi  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Studi Eksperimental Pembangkit Listrik Hybrid VAWT  
Dan Panel Surya Secara Otomatis Untuk Penerangan  
Lampu Jalan.

Alue Peunyareng, 18 Januari 2021

Disetujui Oleh :

1. Maldi Saputra, ST., MT  
NIP. 1981050720150410002

(Pembimbing I)

2. Al Munawir, S.Si., M.Sc  
NIP. 198903142019031011

(Pembimbing II)

3. Masykur, S.Pd., MT  
NIP. 198903142019031011

(Penguji I)

4. Herdi Susanto, S.T., MT  
NIDN. 0122098102

(Penguji II)

Mengetahui  
Ketua Prodi Teknik Mesin

**MAIDI SAPUTRA, ST., MT**  
NIP. 1981050720150410002





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS TEUKU UMAR  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59  
Laman : [www.utu.ac.id](http://www.utu.ac.id), email : [teknikmesin@utu.ac.id](mailto:teknikmesin@utu.ac.id)

### LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Tugas Akhir guna memenuhi salah satu syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, pada 05 Januari 2021

Nama : Dirga Pratama  
NIM : 1605903010042  
BidangStudi : Teknik Konversi Energi  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Studi Eksperimental Pembangkit Listrik *Hybrid VAWT*  
Dan Panel Surya Secara Otomatis Untuk Penerangan  
Lampu Jalan

Alue Peunyareng, 19 Januari 2021

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik  
  
**Dr. Ir. M. Isya, MT**  
NIP. 1962041119890310002

Mengetahui  
Ketua Prodi Teknik Mesin  
  
**Maldi Saputra, ST., MT**  
NIP. 1981050720150410002

## PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dirga Pratama

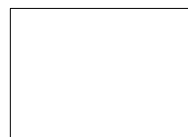
NIM : 1605903010042

Dengan ini menyatakan sesungguhnya bahwa didalam skripsi adalah hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang salah dari skripsi, tesis, disertai buku atau bentuk lainnya yang saya kutip dari orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan. Sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri. Apabila ternyata dalam skripsi saya terdapat bagian-bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya akan mendapatkan sanksi sebagaimana semestinya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebenarnya.

Alue Peunyareng, 18 Januari 2021

Saya Yang Membuat Pernyataan



Dirga Pratama  
1605903010042

## PERSEMBAHAN

*“Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantara dan orang-orang diberi ilmu beberapa derajat”*

*(QS: Al-Mujadilah 1)*

*“Barang siapa yang menapaki suatu jalan dalam rangka menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”*

*(HR. Ibnu Majah dan Abu Dawud)*

*Lantunan Al-fatihah beriring shalawat dalam silahku merintih, menandakan doa dalam syukur yang tiada terkira, terima kasih saya persembakan sebuah karya kecil ini untukmu Ayahanda dan Ibundaku tercinta, yang tiada hentinya selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak terganti hingga saya selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada di depanku.*

*Untukmu Ayahanda (Hariadi Tanzil) dan Ibunda (Sarmunah). Dalam setiap langkahku yang terus berusaha mewujudkan harapan-harapan yang kalian impikan dari diriku ini meski semua itu belum kuraih, Insya Allah atas dukungan dan doa restumu semua mimpi itu akan terwujud dimasa depan nanti.*

*Ayah..Ibu..ini bukti kecil dari anakmu sebagai tanda keseriusan untuk membalas semua pengorbananmu, kalian selalu ikhlas mengorbankan segala sesuatu demi anakmu ini. Maafkan anakmu ini, dari awal dilahirkan hingga sampai pada saat ini masih saja bergantung pada kalian.*

*Terima kasih kepada dosen pembimbing (Maidi Saputra, S.T., M.T) dan (Al Munawir, S.S.i., M,Sc) yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan terima kasih atas bimbingannya selama ini.*

*Terima kasih kepada teman-teman seangkatan 2016 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu atas dukungannya, sehingga memberikan saya semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.*

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mendapat kesempatan untuk menyelesaikan Penulisan Tugas Akhir yang berjudul: **Studi Eksperimental Pembangkit Listrik *Hybrid* VAWT Dan Panel Surya Secara Otomatis Untuk Penerangan Lampu Jalan.**

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan Tugas Akhir suatu kewajiban bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar. Hal ini dimaksudkan juga agar mahasiswa mendapatkan gambaran yang berhubungan dengan ilmu keteknikan secara khusus. dalam melaksanakan penelitian ini penulis banyak mendapat ilmu pengetahuan dan pengalaman yang sangat berharga, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta serta keluarga yang telah memberikan dukungan baik doa maupun materi kepada penulis selama ini. Untuk itu penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan kelancaran, kesehatan dan nikmat yang tiada duanya
2. Orang tua tercinta Bapak Hariadi Tanzil ,Ibu Sarmunah dan kedua kakak saya Leni Marlina, S.Pd. Qori Prasanti, S.Pd Serta Abang saya Iswanil Usfa, S,Pd,.M.M. dan Sastra Padang, S.Pd.i yang telah memberi motivasi,materi maupun moral untuk pembuatan Tugas Akhir sehingga selesai pada waktunya.



3. Bapak Prof. Jasman J.Ma`ruf, SE., MBA , selaku Rektor Universitas Teuku Umar.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Isya, M.T , selaku Dekan Fakultas Teknik,, Universitas Teuku Umar.
5. Bapak Maidi Saputra, S.T., M.T , selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar sekaligus Dosen pembimbing I.
6. Bapak Al Munawir, S.Si., M.Sc, Selaku Dosen pembimbing II.
7. Bapak Masykur, S,Pd., M.T, Selaku Dosen Penguji I
8. Bapak Herdi Susanto, S.T., M.T, Selaku Dosen Penguji II
9. Teman-teman Team Wind Turbine, Dwi Prabowo, Jeprianto, dan Andre Kurniadi yang telah berbagi ilmu dan pengalaman dalam menyelesaikan Tugas Akhir atau Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyampaian ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna menyempurnakan penulisan kedepannya. Demikianlah yang dapat penulis sampaikan atas segala kekurangan dan kesilapan penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya.

Penulis

DIRGA PRATAMA  
NIM:1605903010042

## ABSTRAK

### STUDI EKSPERIMENTAL PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID VAWT* DAN *PANEL SURYA* SECARA OTOMATIS UNTUK PENERANGAN LAMPU JALAN

Dirga Pratama  
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Teuku Umar  
E-mail : [dirgapratama477@gmail.com](mailto:dirgapratama477@gmail.com)

Energi Hybrid merupakan energi yang berasal dari perpaduan dua energi atau lebih sumber energi, yang dimana energi terbarukan ini tidak akan habis ketersediaannya, energi matahari banyak dimanfaatkan oleh kalangan instansi pemerintahan sebagai penerangan lampu jalan. Jumlah energi fosil di perkirakan habis hingga 2035 tahun, artinya manusia tidak bisa berpedoman kepada energi fosil tersebut, Di kawasan Aceh Barat suhu matahari mencapai 31 °C dengan rata-rata suhu matahari mencapai 28 °C dan intensitas matahari mencapai 1230 Watt/m<sup>2</sup>. Kenaikan intensitas matahari pada pukul 14:00 Wib sedangkan rata-rata Angin mencapai 13,9 m/s yang diteliti sebelumnya, sangat bagus untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menghasilkan lampu sebagai penerangan jalan dikawasan Aceh Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil efisiensi pada pembangkit listrik *HYBRID* tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi pada panel surya mencapai 18,8 % pada titik tertinggi dengan intensitas matahari mencapai 940 I. Sedangkan efisiensi pada titik terendah mencapai 15,5 % dengan intensitas matahari yang diperoleh mencapai 1230 I. Dan efisiensi pada turbin angin untuk titik tertinggi mencapai 5,46 % dengan kecepatan angin 14,23 m/s menghasilkan putaran poros mencapai 113 RPM, sedangkan efisiensi terendah pada turbin angin mencapai 2,65 % dengan kecepatan angin 18,3 m/s menghasilkan putaran 214 RPM.

**Kata kunci** : *eksperimental*, pembangkit listrik, *hybrid*, energi, *efisiensi*

## **ABSTRACT**

### **EXPERIMENTAL STUDY OF AUTOMATIC HYBRID VAWT POWER PLANTS AND SOLAR PANELS FOR ROAD LIGHTING**

Dirga Pratama

Department of Mechanical Engineering, Teuku Umar University

E-mail: [dirgapratama477@gmail.com](mailto:dirgapratama477@gmail.com)

*Hybrid energy is energy that comes from a combination of two or more energy sources, where this renewable energy will not run out, solar energy is widely used by government agencies as street lighting. The amount of fossil energy is estimated to run out up to 2035 years, meaning that humans cannot be guided by fossil energy. In the West Aceh region, the sun's temperature reaches 31 oC with an average sun temperature reaching 28 oC and sun intensity reaching 1230 Watt / m<sup>2</sup>. The increase in the intensity of the sun at 14:00 Wib while the average wind reached 13.9 m / s which was previously studied, is very good to be used as an energy source to produce lights for street lighting in the West Aceh range. This study aims to obtain efficiency results on the HYBRID power plant. The results of this study indicate that the efficiency of the solar panel reaches 18.8% at the highest point with the sun's intensity reaching 940 I. While the efficiency at the lowest point reaches 15.5% with the solar intensity achieved reaching 1230 I. And the efficiency at the wind turbine for the point the highest reached 5.46% with a wind speed of 14.23 m / s resulting in shaft rotation reaching 113 RPM, while the lowest efficiency in the wind turbine reached 2.65% with a wind speed of 18.3 m / s producing 214 RPM rotation.*

**Key words:** *experimental, power generation, hybrid, energy, efficiency*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN ORIGINALITAS .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK INDONESIA .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK INGGRIS .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Energi Matahari .....	4
2.2.3 Prinsip Kerja PLTS .....	6
2.3.3 Keuntungan Kelemahan PLTS .....	7
2.1.2.1 Keuntungan PLTS .....	7
2.1.2.2 Kelemahan PLTS .....	8
2.2 Energi Tenaga Angin.....	8
2.2.1 Asal Energi Angin .....	9
2.2.2 Definisi Turbin Angin .....	10
2.2.3 Jenis-jenis Turbin Angin .....	11

2.2.4 Tip Speed Ration .....	13
2.2.5 Pemilihan Sistem Transmisi Daya .....	14
2.3 Sudu Pengaruh ( <i>guide vane</i> ).....	16
2.4 Motor <i>Swing AC split</i> 220 VAC 4 W Rpm .....	16
2.5 Generator .....	17
2.6 Komponen PLTS .....	18
2.7 <i>Digital Timer Switch</i> .....	21
2.8 Modul Step Up DC to AC .....	22
2.9 <i>Rectifer Regulator</i> .....	23
<b>BAB 3 METODELOGI PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan .....	24
3.2 Metode Pengumpulan Data .....	27
3.3 Alat Dan Bahan Penelitian .....	25
3.3.1 Bahan Penelitian.....	25
3.3.2 Alat Penelitian .....	25
3.4 Perancangan Sistem .....	26
3.5 Diagram Alir .....	27
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Hasil Pengujian Pembangkit Listrik HYBRID 20 Wp-12 v.....	28
4.2 Perhitungan Efisiensi Panel Surya .....	29
4.2.1 Perhitungan Efisiensi Panel Surya Hari Pertama .....	29
4.2.2 Perhitungan Efisiensi Panel Surya Hari Kedua .....	31
4.2.3 Perhitungan Efisiensi Panel Surya Hari Ketiga .....	34
4.3 Perhitungan Efisiensi Turbin Angin .....	37
4.4 Hasil Pengujian Karakteristik Output Generator.....	37
4.5 Hasil Pengujian Karakteristik Daya Input Turbin Angin .....	38
4.6 Hasil Karakteristik Efisiensi Genrator .....	39
4.7 Efisiensi Hybrid.....	40
4.8 Sistem Elektronik .....	41
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	43

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## BIODATA DIRI



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	7
Gambar 2.2 Sketsa Sederhana Kincir Angin .....	11
Gambar 2.3 <i>Turbin Angin Jenis Herizontal Axis</i> .....	12
Gambar 2.4 Turbin Angin Jenis Vertical .....	13
Gambar 2.5 Torsi Rotor Untuk Berbagai Jenis Turbin Angin .....	14
Gambar 2.6 <i>Guide Vane</i> .....	16
Gambar 2.7 <i>Motor Swing AC Split 220 VAC 4 W 5 Rpm</i> .....	17
Gambar 2.8 Generator .....	18
Gambar 2.9 Panel Surya 20 Wp .....	19
Gambar 2.10 <i>Controler</i> .....	19
Gambar 2.11 Inverter .....	20
Gambar 2.12 Batrai .....	21
Gambar 2.13 <i>Digital Timer Switch</i> .....	22
Gambar 2.14 Modul Step Up DC to AC .....	23
Gambar 2.15 <i>Rectifier Regulator</i> .....	23
Gambar 3.1 Instalasi Pengujian .....	26
Gambar 4.1 Pengujian Pembangkit Listrik HYBRID.....	28
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Panel Surya Hari Pertama .....	31
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Panel Surya Hari Kedua .....	33
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Panel Surya Hari Ketiga .....	36

Gambar 4.5 Grafik Rekapitulasi Efisiensi Panel Surya .....	36
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Daya .....	38
Gambar 4.7 Grafik Rekapitulasi Efisiensi Turbin Angin.....	40

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Alat Penelitian.....	25
Tabel 3.2 Bahan dan Alat.....	25
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Panel Surya Hari Pertama.....	29
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Panel Surya Hari Ke Dua.....	31
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Panel Surya Hari Ke Tiga.....	34
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Turbin Angin .....	37
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan daya listrik yang dihasilkan oleh Generator ....	37
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan $P_{in}$ Turbin Angin .....	38
Tabel 4.7 Rakapitulasi Perhitungan $P_{in}$ Turbin Angin dan $P_{Out}$ Turbin Angin	39
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Efisiensi Generator Pada Turbin Angin .....	40
Tabel 4.9 Hasil Rekapitulasi Efisiensi Panel Surya .....	40
Tabel 4.10 Hasil Rekapitulasi Efisiensi Turbin Angin .....	31

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin sedikit mengakibatkan kebutuhan terhadap sumber energi baru meningkat. Salah satu sumber energi baru adalah sinar matahari yang ketersediaannya sangat melimpah terutama pada daerah yang terletak digaris khalistiwa (Prian Gagani Chamdarono,2017). Turbin angin merupakan suatu alat yang mampu mengubah energi mekanik dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator. Turbin angin Horizontal dapat ditingkatkan efesiensinya untuk mendapatkan koefisien daya yang maksimum (Firman Ariyanto,2013). Sumber energi terbarukan seperti sel surya,biomasa bias menjadi solusi,kerena kelebihan, seperti ketersediaannya yang melimpah,gratis dan ramah lingkungan serta ketersediaannya sepanjang tahun (Bilal et al,2016).

Energi dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan efesiensi sebesar 18%. Angka tersebut semakin berkurang pada saat energi tersebut digunakan keperalatan listrik karena pengatur tanganan,baterai,kabel dan inverter menjadi 10-15% (Eslin,1990). Sel surya atau *solar cell* sejak tahun 1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi,gas alam,batu bara, atau reaksi Nuklir.

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) merupakan pembangkit listrik yang terdiri dari 2 atau lebih pembangkit dengan sumber energi yang berbeda.

Misalnya seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dipadu dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB) atau disebut Hybrid PV-Bayu. pembangkit listrik akan digerakkan oleh turbin angin sebaliknya ketika angin berhembus pelan dan matahari lagi terik maka pembangkit listrik akan digerakkan oleh panel surya. Akan tetapi, ketika matahari lagi terik dan angin berhembus kencang maka pembangkit listrik akan digerakkan oleh panel surya dan turbin angin. Namun pada saat ini kebanyakan dari pemasangan panel surya masih diletakkan hanya menghadap ke satu arah, ini mengakibatkan proses penyerapan energi yang dilakukan oleh panel surya hanya berlangsung saat matahari tepat berada di posisi panel surya diletakkan. Agar pemanfaatan dari panel surya dapat dimaksimalkan,( Dina hidayanti,Galih Dewangga,2019)

Pada kenyataanya,efisiensi sinar matahari pada panel surya saat ini sangat rendah sekali,hal tersebut disebabkan pemasangan panel surya yang tidak dinamis/diam dan kurangnya sarapan pada pagi hari dan sore hari. Hal tersebut berdampak pada hasil keluaran tengangan panel surya. Dalam penelitian ini dirancang secara prototayp sistem kendali panel surya yang dapat mengefesiesikan panel surya,yaitu dengan mengerakan panel surya menuju arah datangnya sinar matahari secara otomatis. Sehingga keluaran tengangan panel surya lebih optimal. Teknologi fotovoltaic yang mengkonversikan langsung cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan divisi semikonduktor yang disebut panel surya.



## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana kinerja pada pembangkit listrik Hybrid untuk menghasilkan energi yang lebih efektif dan efisiensi.

## **1.3. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah penelitian ini hanya melakukan studi eksperimental Turbin Angin dan Panel Surya.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

1. Melakukan pengujian Pembangkit Listrik Hybrid
2. Mengetahui Efisiensi Dari Pembangkit Listrik Hybrid

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun Manfaat penelitian ini adalah mampu mengatasi problem pasokan listrik bagi jalan jalan yang beleum teraliri listrik dan mendapatkan kajian ekperimental untuk penerapan dilapangan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Energi Tenaga Matahari**

Cahaya matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial dan mempunyai prospek cukup besar untuk dikembangkan, karena matahari tidak akan pernah habis dan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Di Aceh Barat, waktu matahari dan intensitas yang cukup berkisaran 12 jam perhari. Untuk memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik dibutuhkan devais untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang disebut sel surya, beberapa semikonduktor salah satu pembangkit listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah salah satu pembangkit yang sangat sederhana kemudian mudah dipasang dirumah, sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik yang sangat ramah lingkungan karena memanfaatkan sinar matahari. Pemabangkit Listrik Tenaga Surya sering disebut Solar Photovoltaic atau Solar Energi.

Pembangkit Listrik dengan menggunakan panel surya ini sanagatlah efesien karena tidak memerlukan keahlian khusus untuk pemasangan, pengoprasian dan pemeliharaan. Dengan kapasitas yang relative kecil penggunaan pembangkit ini biasa digunakan untuk beban lampu atau listrik yang dihasilkan dapat dijadikan listrik cadangan misalnya beban penerangan (emergency lamp) skala kecil pada saat terjadi pemadaman listrik oleh pembangkit konvensional. Namun disamping itu juga diperlukan perancangan dan perhitungan yang tepat agar listrik yang akan dihasilkan nantinya sesuai dengan

kapasitas panel surya yang kita miliki. Pembangkit Listrik Tenaga Surya dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik dari yang kecil hingga yang besar, baik secara mandiri maupun dengan Hybrid (dikombinasikan dengan sumber lain, seperti PLTS-genset, PLTS-microhydro, PLTS-angina) baik dengan metode desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metode sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel). (Sistiawan, Juli 2019)

Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan pada panel surya

- Daya input: Perhitungan daya input dapat menggunakan persamaan berikut :

$$P_{in} = A \times I_r \quad (2.1)$$

Dimana:

$P_{in}$  = Daya input ( Watt )

$I_r$  = Intensitas radiasi matahari ( Watt/m<sup>2</sup> )

$A$  = Luas area permukaan photovoltaic module (m<sup>2</sup>)

- Daya Output: Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$P_{out} = V_{max} \times I_{max} \quad (2.2)$$

Dimana:

$P_{out}$  = Daya output ( Watt )

$V$  = Tegangan Listrik ( Volt )

$I$  = Arus Listrik (Ampere)

- Efisiensi Panel Surya dapat dilihat pada persamaan berikut :

Efisiensi yang terdapat pada sel surya dapat ditentukan dengan rumus :

$$\eta = \frac{P_{\text{Out}}}{P_{\text{In}}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana:

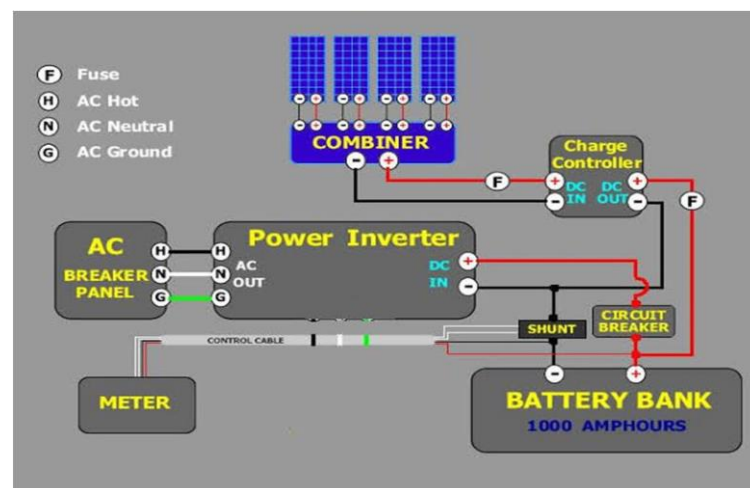
$\eta$  = Efisiensi Sel Surya (%)

$P_{\text{Out}}$  = Daya Ouput dari Panel Surya (Watt)

$P_{\text{In}}$  = Daya Input dari Panel Surya (Watt)

### 2.1.1 Prinsip Kerja PLTS

Pada siang hari modul surya menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses *fotovoltaik*. Listrik yang dihasilkan oleh modul dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan didalam baterai sebelum digunakan ke beban lampu, radio, dan lain-lain. Pada malam hari, dimana modul surya tidak menghasilkan listrik, beban sepenuhnya dicatu oleh batrai. Demikian pula apabila hari mendung, dimana modul surya menghasilkan listrik lebih rendah dibandingkan pada saat matahari benderang. (Saputra, Azis, and Aditia 2014)



**Gambar 2.1** Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Surya

(Sumber: <https://.wordpress.com/2015/12/05/instalasi-listrik-tenaga-surya/>)

### 2.1.2 Keuntungan dan Kelemahan PLTS

Pembangkit listrik Tenaga Surya (PLTS) mempunyai berbagai macam

keuntungan dan kelemahan antara lain adalah :

#### **2.1.2.1 Keuntungan PLTS**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan suatu sistem pembangkit energi listrik yang tidak berpolusi dan menghasilkan listrik dari sinar matahari. Selain itu tenaga matahari juga tersedia melimpah dan gratis. Berikut ini adalah keuntungan menggunakan PLTS :

1. Sumber energi yang di pakai tidak pernah habis dan sangat ramah lingkungan
2. Dapat dipakai dimana saja terutama didaerah yang belum terjangkau listrik PLN
3. Tidak memerlukan perawatan khusus sehingga bebas dari segala biaya perawatan
4. Hemat karena tidak memerlukan bahan bakar
5. Bersifat *moduler* artinya kapasitas listrik yang dihasilkan dapat sesuai dengan kebutuhan
6. Tanpa suara sehingga tidak mengganggu ketertiban umum
7. Ramah lingkungan
8. Pemasangan sangat mudah

#### **2.1.2.2 Kelemahan PLTS**

Meskipun pembangkit listrik tenaga surya memiliki berbagai keuntungan. Namun PLTS memiliki kelemahan. Berikut ini adalah kelemahan dari PLTS :

Memiliki ketergantungan pada cuaca. Saat mendung kemampuan panel surya menangkap sinar matahari tentu akan berkurang. Akibatnya, PLTS tidak



bisa digunakan secara optimal. Karena saat mendung kemampuan PLTS menyimpan energi berkurang sekitar 30 persen. (Saputra, Azis, and Aditia 2014)

## **2.2 Energi Tenaga Angin**

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Apabila dipanaskan, udara memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Diatas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi.

Tenaga angin banyak jumlahnya, tidak habishabis, tersebar luas dan bersih. Kelebihan yang dimiliki oleh motor listrik adalah suaranya yang relatif silence, sehingga cocok untuk menggerakkan sebuah mesin yang lokasi berada di daerah permukiman padat, selain itu kelebihan motor listrik ini adalah perawatannya yang nyaris tidak ada, perawatan yang dibutuhkan hanyalah memeriksa adanya kotoran yang masuk serta memberi gemuk pada bearing. Hal ini berbeda dengan perawatan yang dimiliki pada mesin diesel atau mesin motor bensin dimana secara berkala masih memerlukan penggantian filter oli, filter udara, ganti oli dan lain sebagainya. (Ms, Ibrochim, and Belakang 2002)

Daya angin yang terdapat pada Turbin Angin dapat ditentukan dengan persamaan berikut : (Nuraini Priyaningsi, 2017)

Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan pada Turbin Angin :

- Daya Output: Perhitungan daya Output dapat menggunakan persamaan berikut :

$$P_{out} = V \times I \quad (2.4)$$

Dimana:

$P_{Out}$  = Daya output ( Watt )

$V$  = Tegangan Listrik ( Volt )

$I$  = Arus Listrik (Ampere)

- Daya Output: Perhitungan daya Output dapat menggunakan persamaan berikut :

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho \times A \times v^3 \quad (2.5)$$

Dimana:

$P_{in}$  = Daya Input (Wat)

$\rho$  = Kepadatan Udara ( Kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = Luas daerah sapuan sudu (m<sup>2</sup>)

$V$  =Kecepatan Angin (m/s)

- Efisiensi Turbin Angin dapat dilihat pada persamaan berikut :

Efisiensi yang terdapat pada Turbin Angin dapat ditentukan dengan rumus :

$$\eta_g = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100\% \quad (2.6)$$

Dimana:

$\eta_g$  = Efisiensi Generator (%)

$P_{Out}$  = Daya Output (Watt)

$P_{In}$  = Daya Input (Watt)

### **2.2.1 Asal Energi Angin**

Semua energi yang dapat diperbaharui dan bahkan energi pada bahan bakar fosil, kecuali energi pasang surut dan panas bumi berasal dari matahari. Matahari meradiasi  $1,74 \times 1.014$  Kilowatt jam energi ke Bumi setiap jam. Dengan kata lain, bumi ini menerima daya  $1,74 \times 1.017$  watt. Sekitar 1-2% dari energi tersebut diubah menjadi energi angin. Jadi, energi angin berjumlah 50-100 kali lebih banyak dari pada energi yang diubah menjadi biomassa oleh seluruh tumbuhan yang ada di muka bumi. Sebagaimana diketahui, pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan temperatur antara udara panas dan udara dingin.

Daerah sekitar khatulistiwa, yaitu pada busur  $0^\circ$ , adalah daerah yang mengalami pemanasan lebih banyak dari matahari dibanding daerah lainnya di Bumi. Daerah panas ditunjukkan dengan warna merah, oranye, dan kuning pada gambar inframerah dari temperatur permukaan laut yang diambil dari satelit NOAA-7 pada juli 1984. Udara panas lebih ringan daripada udara dingin dan akan naik ke atas sampai mencapai ketinggian sekitar 10 kilometer dan akan tersebar kearah utara dan selatan. Jika bumi tidak berotasi pada sumbunya, maka udara akan tiba dikutub utara dan kutub selatan, turun ke permukaan lalu kembali ke khatulistiwa. Udara yang bergerak inilah yang merupakan energi yang dapat diperbaharui, yang dapat digunakan untuk memutar turbin dan akhirnya menghasilkan listrik. (Ms, Ibrochim, and Belakang 2002)

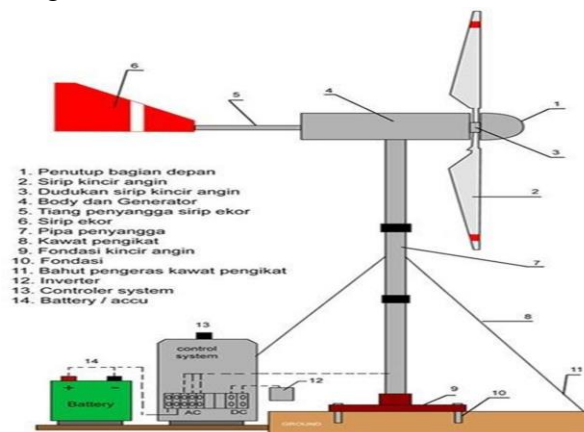
### **2.2.2 Definisi Turbin Angin**

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin

angin terdahulu banyak digunakan di Denmark, Belanda, dan Negara- negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *windmill*.

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini penggunaan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Co: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Co: batubara dan minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibelakang bagian turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Secara sederhana sketsa kincir angin adalah sebagai berikut: (Sumiati 2012)



**Gambar 2.2** Sketsa Sederhana Kincir Angin  
 (Sumber : [.wordpress.com/2008/03/05/](http://wordpress.com/2008/03/05/))

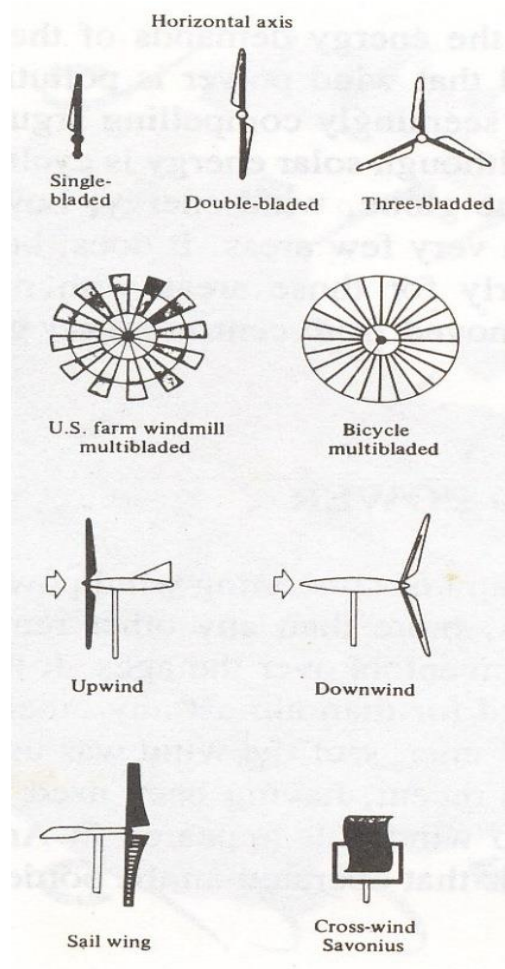
### 2.2.3 Jenis – jenis Turbin Angin

Dalam perkembangannya, turbin angin di bagi menjadi dua jenis turbin angin Propeller dan turbin angin Darrieus. Kedua jenis turbin inilah yang kini

memperoleh perhatian besar untuk dikembangkan. Pemanfaatannya yang umum sekarang sudah digunakan adalah untuk memompa air dan pembangkit tenaga listrik. Turbin angin terdiri atas dua jenis, yaitu : (Padadamang,2012)

a. Turbin Angin Jenis *Horizontal*

Turbin angin Propeller adalah jenis turbin angin dengan poros horizontal seperti baling – baling pesawat terbang pada umumnya. Turbin angin ini harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya

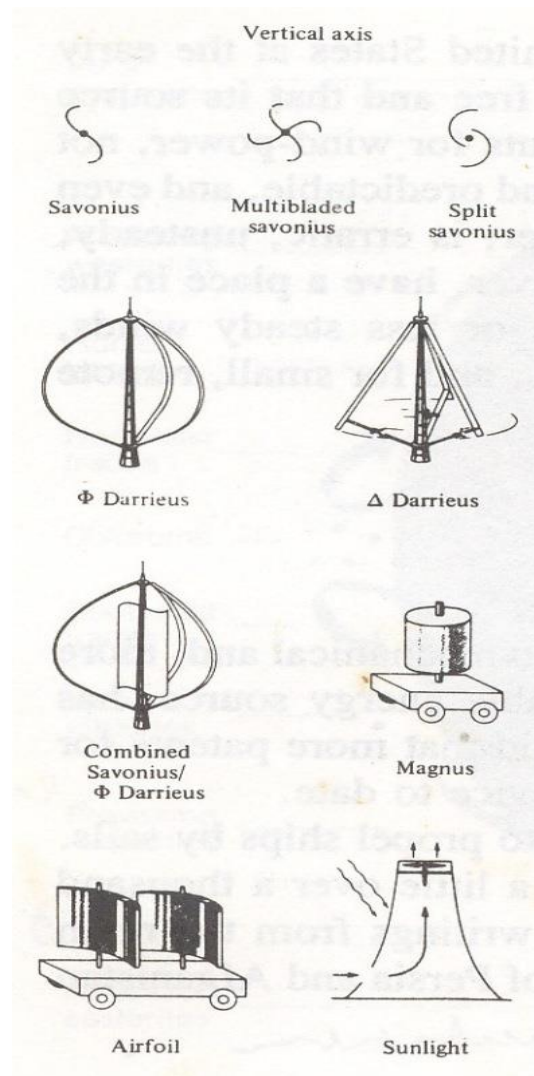


**Gambar 2.3** Turbin angin jenis *Horizontal axis*  
(Sumber: Padadamang,2012).

b. Turbin Angin Jenis *Vertical*

Turbin angin Darrieus merupakan suatu sistem konversi energi angin yang digolongkan dalam jenis turbin angin berporos tegak. Turbin angin ini pertama

kali ditemukan oleh GJM Darrieus tahun 1920. Keuntungan dari turbin jenis Darrieus adalah tidak memerlukan mekanisme orientasi pada arah angin (tidak perlu mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepatannya) seperti pada turbin angin propeller.



**Gambar 2.4** Turbin Angin Jenis *Vertical*  
(Sumber: Padadamang,2012)

#### 2.2.4 Tip Speed Ratio

*Tip speed ratio* (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe *lift*

akan memiliki *tip speed ratio* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe *drag*. *Tip speed ratio* dihitung dengan persamaan: (Moch Fachruddin Wahyu Permadi,2018)

$$\lambda = \frac{nDn}{60v} \quad (2.7)$$

Dimana:

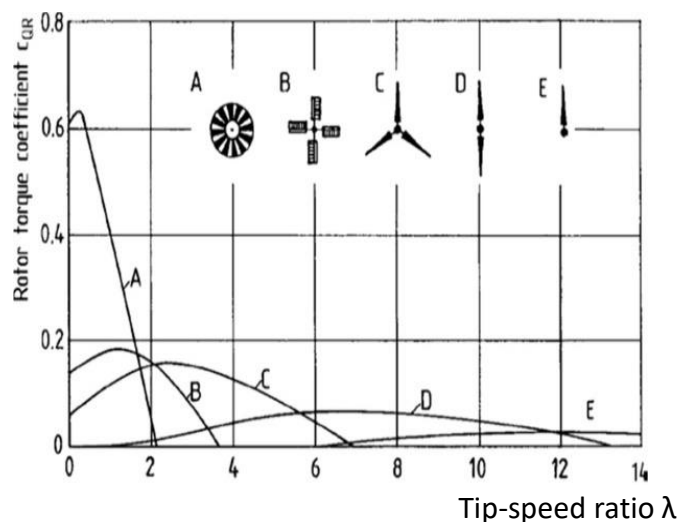
$\lambda$  = *tip speed ratio*

D = diameter rotor (m) n = putaran rotor

(rpm)

v = kecepatan angin (m/s)

Grafik berikut menunjukkan variasi nilai *tip speed ratio* dan koefisien daya  $c_p$  untuk berbagai macam turbin angin.



**Gambar 2.5** Torsi Rotor Untuk Berbagai Jenis Turbin Angin  
(Sumber : <http://wordpress.com/2015/07/rotortorque-coefficient-cq>)

### 2.2.5 Pemilihan Sistem Transmisi Daya

Ketika putaran rotor dan daya motor sudah ditentukan, maka generator yang digunakan dipilih. Generator yang tersedia di pasaran memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain. Setiap generator memiliki kondisi kerja masing-

masing. Untuk meneruskan daya yang dihasilkan rotor ke generator, perlu sistem transmisi yang konfigurasi disesuaikan dengan kebutuhan daya yang ditransmisikan, putaran, dan konfigurasi turbin angin. Sistem transmisi daya dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok menurut rasio putaran masukan dan keluarannya yaitu:

1. *Direct drive*
2. *Speed Reducing*
3. *Speed Increasing*

*Direct Drive* yang dimaksud adalah transmisi daya langsung dengan menggunakan poros dan pasangan kopling. Yang penting dalam sistem transmisi *direct drive* adalah tidak ada penurunan atau peningkatan putaran. Sistem transmisi *speed reducing* adalah sistem transmisi daya dengan penurunan putaran, putaran keluar lebih rendah daripada putaran masuk. Sistem transmisi ini digunakan untuk meningkatkan momen gaya. Yang terakhir adalah sistem transmisi *speed increasing*, yaitu putaran keluar lebih tinggi dari putaran masuk, terjadi kenaikan putaran dengan konsekuensi momen gaya keluar menjadi lebih kecil.

Pada penerapannya, sistem transmisi *direct drive* hanya menggunakan poros dan kopling jika diperlukan. Konstruksi *direct drive* lebih sederhana dibandingkan yang lainnya dan tidak memerlukan banyak ruang. Sedangkan untuk penerapan sistem transmisi *speed reducing* dan *speed increasing* diperlukan mekanisme pengubah putaran seperti pasangan roda gigi, atau sabuk dan puli.

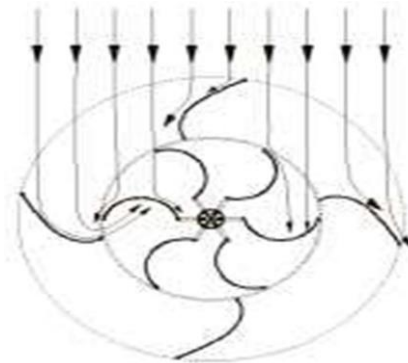
Turbin angin yang putaran rotornya berada dalam selang putaran kerja



generator, maka transmisi daya yang digunakan adalah *Speed Increasing*, karena pada umumnya putaran yang diperlukan generator lebih tinggi daripada putaran rotor untuk mendapatkan hasil yang maksimal. (Putranto, Prasetyo, and Zاتمiko 2011)

### 2.3 Sudu Pengarah (*guide vane*)

Sudu pengarah merupakan *airfoil* atau plat yang digunakan untuk mengarahkan udara, gas atau air menuju rotor turbin. Sudu pengarah terdiri dari sejumlah *blade* yang bisa diatur untuk menambah atau mengurangi laju aliran fluida yang melewati turbin. Tujuan utama dari sudu pengarah adalah mengkonversi bagian dari energi tekanan fluida menjadi energi kinetik dan kemudian mengarahkan fluida menuju rotor turbin pada sudut yang sesuai dengan turbin. Untuk itu diperlukan sudu pengarah, dengan tujuan mengarahkan aliran angin sehingga energi angin setelah menggunakan sudu pengarah dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin seperti pada gambar 2.9. (Aklis et al. 2016)



**Gambar 2.6** *Guide Vane*

Sumber: (Prihananto, 2017)

### 2.4 Motor *Swing AC split 220 VAC 4 W 5 Rpm*

Mesin penggerak adalah suatu mesin yang amat vital dalam proses permesinan yang berhubungan dengan gaya mekanik yang bertujuan untuk mendapat efek gerakan pada suatu komponen yang diam dengan adanya

mesin penggerak maka komponen itu berkerja dengan semestinya. Motor penggerak jenis listrik bekerja atas dasar medan magnet yang bekerja akibat arus listrik yang dialirkan pada sebuah kumparan, akibatnya terjadi dua buah kutub yang nantinya mendasari prinsip kerja dari sebuah motor listrik yang berbunyi dua buah kutub magnet yang sejenis akan bertolak belakang dan yang berlawanan jenis akan saling tarik menarik. (Najmurrokhman, n.d.).



**Gambar 2.7** Motor Swing AC split 220 VAC 4 W 5 Rpm

(Sumber : <https://www.google.com/search?=jurnal+motor+swing+ac+ju,lrnal>)

## 2.5 Generator

Generator adalah peralatan elektronika mekanik yang mengubah besaran energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak-balik. Kebanyakan Generator menggunakan rotating *magnetic field*, akan tetapi adakalanya alternator linear digunakan.

Generator pembangkit listrik, biasanya sekarang disebut alternator arus bolak-balik. salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. Generator ini dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya dapat dipelajari dengan menggunakan teori medan elektromagnetik.

Pada prinsipnya, setiap generator AC dapat disebut sebagai alternator, akan tetapi istilah tersebut sering disama artikan dengan mesin putaran kecil yang dikendalikan oleh automotif atau mesin pembakaran internal. Salah satu contoh

alternator digunakan sebagai mesin pembangkit listrik arus bolak-balik dengan tenaga turbin uap yang sering dikenal sebagai turbo-alternator.

Generator listrik memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi *elektromagnetik*. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. Walaupun Alternator dan motor punya banyak kesamaan, tetapi motor adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alternator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tetapi generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam kabel lilitannya. (Bangun et al. 2015)



**Gambar 2.8** Generator  
(Sumber: <https://proud2ride.net/2011>)

## 2.6 Komponen PLTS

### 1. Panel Surya

Panel surya merupakan komponen utama yang harus ada dalam sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya. Panel surya terdiri dari sebuah modul yang didalamnya terangkai sel surya, secara seri dan parallel. Sel surya inilah yang berfungsi untuk mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik.



**20W**

**Gambar 2.9** Panel Surya 20 Wp  
(Sumber : <https://solarpanel.com> )

## 2. *Charge controller*

*Charge Controller* berfungsi mengatur pelepasan energi yang dilakukan panel surya dan melakukan fungsi kontrol terhadap sistem secara keseluruhan. *Controller* merupakan otak dari berjalan atau tidaknya sistem panel surya. *Charge controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charge controller* mengatur *over charging* (kelebihan pengisian – karena baterai sudah penuh) dan kelebihan *voltase* dari panel surya / *solar cell*. *Charge Controller* panel surya terbagi 2 yaitu *PWM (Pulse With Modulation)* dan *MPPT (Maximum Power Point Tracker)*. (Yaqin, Pratiwi, and Maison 2019)



**Gambar 2.10** *Controler*  
(Sumber : <https://solarpanel.com> )

## 3. *Inverter*

Suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus

listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber- sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan *Input* dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Berikut adalah gambar dari *inverter*.



**Gambar 2.11 Inverter**  
(Sumber : <https://solarpanel.com> )

#### 4. Batrai

Definisi aki atau *storage battery* adalah sebuah sel atau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai termasuk elemen elektrokimia atau yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif baterai menggunakan lempeng oksida dan kutub negatifnya menggunakan lempeng *timbale* sedangkan larutan elektrolidnya adalah larutan asam sulfat. Ketika baterai dipakai, terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan endapan pada anode (reduksi) dan katode (oksidasi) menyebabkan dapat berkurangnya muatan atau arus listrik dari baterai tersebut Supaya baterai dapat dipakai lagi.



**Gambar 2.12** Batrai  
(Sumber : <https://solarpanel.com> )

## 2.7 *Digital Timer Switch*

*Timer digital* di design untuk mengontrol tenaga listrik secara otomatis pada alat elektronik yang nantinya dapat menghemat energi. Jadi tidak perlu lagi menghidupkan dan mematikan lampu secara manual. *Timer digital* bisa digunakan dengan mudah dan ekonomis, jadi anda dapat mengatur program yang di pakai setiap hari atau berbagai kombinasi hari. Misal hari senin sampai minggu, senin sampai jum'at, atau sabtu dan minggu saja, serta program hari yang lain. Selain memudahkan, *timer digital* juga mempunyai fungsi yaitu meminimalisir biaya listrik yang mahal, sehingga bisa lebih murah.

*Fitur yang dimiliki oleh Digital Timer Switch :*

1. Dapat di set dengan menggunakan waktu 12 jam atau 24 jam
2. Layar *LCD* lebih besar, sehingga dapat dengan mudah saat mengatur program
3. Bisa mengunci 10 waktu on – off dalam 1 hari
4. Pengaturan waktu termasuk jam, menit, dan hari Cukup mudah saat mengatur program
5. Dilengkapi dengan modus summer yaitu di gunakan pada tempat yang mempunyai waktu siang lebih panjang selama 14 jam, dan modus random yaitu di gunakan untuk waktu yang acak

6. Menggunakan daya baterai yang dapat di isi ulang secara terintegrasi

Spesifikasi alat :

- Instalasi : *Plug – in type*
- Tegangan : 230V -/ 50Hz
- Penilaian : 230V – AC / 16A / 3680W
- Suhu operasi : -10 sampai + 40°C
- Tingkat akurasi :  $\pm 1$  menit
- Daya baterai : NIMHI 1.2V > 100 jam

Berikut gambar dari *Digital Timer Switch* adalah sebagai berikut



**Gambar 2.13** *Digital Timer Switch*

( Sumber: <https://www.google.com/search?q=digital+timer+switch>)

## 2.8 Modul Step Up DC to DC

*Converter step up DC-DC* berfungsi untuk mengubah tegangan sumber atau input catu daya dari baterai atau dari power suplai lain yang tegangan nya di bawah 5 vol menjadi output nya 12 volt. Sehingga dapat digunakan untuk mencharger baterai yang berukuran di atas 5 volt. Berikut gambar dari *Modul Step Up DC to DC*.



**Gambar 2.14** Modul Step Up Dc to Dc

(Sumber: <https://www.tokopedia.com/kiprok/XL6009-DC-DC-Adjustable-Boost-Step-up->)

## 2.9 Rectifier Regulator

*Regulator* adalah otak dari sistem pengisian. *Regulator* mengatur keduanya baik itu voltase aki dan voltase stator, dan tergantung dari kecepatan putaran mesin, regulator akan mengatur kemampuan kumparan rotor untuk menghasilkan output alternator. Berikut gambar dari.



**Gambar 2. 15** Rectifier Regulator

(Sumber: <https://www.Tokopedia.com/kiprok> )



## **BAB 3**

### **METODEOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan**

##### 1. Waktu Penelitian

Penulis melakukan kegiatan penelitian tugas akhir ini dilakukan dari awal bulan Mei 2020 – Akhir bulan Mei 2020.

##### 2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada :

- Posisi : 4° 9' 17" LU, 96° 8' 26" BT
- Diatas Sidewalk

Jln, Meulaboh-Tapak Tuan, Desa Pasi Pinang, Kecamatan Meurebo, Kabupaten Aceh Barat.

#### **3.2 Metode Pengumpulan Data**

Dalam menyelesaikan masalah yang diangkat, diperlukan data-data dalam rangka penyusunan makalah ilmiah ini. Dalam Pengumpulan data penulis menggunakan 3 (tiga) metode yaitu :

##### a. Studi Literatur

Studi Literatur melalui, jurnal, buku-buku yang bersangkutan dengan penelitian dan Laman *Website*.

##### b. Persiapan Alat dan Bahan

Menyediakan Alat dan Bahan yang digunakan untuk kebutuhan yang diperlukan.

### c. Pengujian/Eksperimental

Yaitu proses yang dilakukan untuk menguji dan meneliti alat yang telah dibuat.

### 3.3 Alat dan Bahan

Berikut adalah daftar alat dan bahan pada penelitian :

#### 3.3.1 Alat Penelitian

Tabel 3.1 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Jumlah
1	Alat Ukur Multimeter	1 Buah
2	Alat Ukur Technometer	1 Buah
3	Alat Ukur Anemometer	1 Buah
4	Alat Ukur Termometer	1 Buah
5	Charger Controller	1 Buah
6	Phyranometer	1 Buah
7	Clamp Meter	1 Buah

Sumber : (Penelitian)

#### 3.3.2 Bahan Penelitian

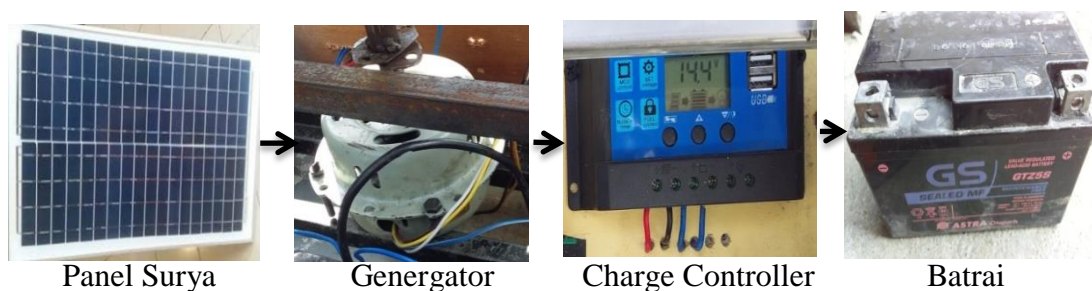
Tabel 3.2 Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Panel Surya 20 Wp-12V	1 Buah
2	Generator	1 Buah
3	Batrai 12V/18Ah	1 Buah
4	Digital Timer Switch	1 Buah
5	Kabel	Secukupnya
6	Turbin Angin	1 Buah
7	Inverter 500 W	1 Buah
8	Lampu LED 15 W	2 Buah
9	Modul Step Up DC to DC	1 Buah
10	Rectifier Regulator	1 Buah

Sumber : (Penelitian)

### 3.4 Perancangan Sistem

Sistem yang akan diteliti pada penelitian ini dibagi menjadi 4 bagian yaitu bagian input terdiri dari pengujian pada Panel Surya dan pengujian pada Genertor Turbin Angin, bagian proses terdiri dari pengujian pada modul *Step Up DC to DC*, pengujian pada *Charger Controller*, pengujian pada Accumulator atau bagian Output terdiri dari Batrai dan pengetesan pada Beban.



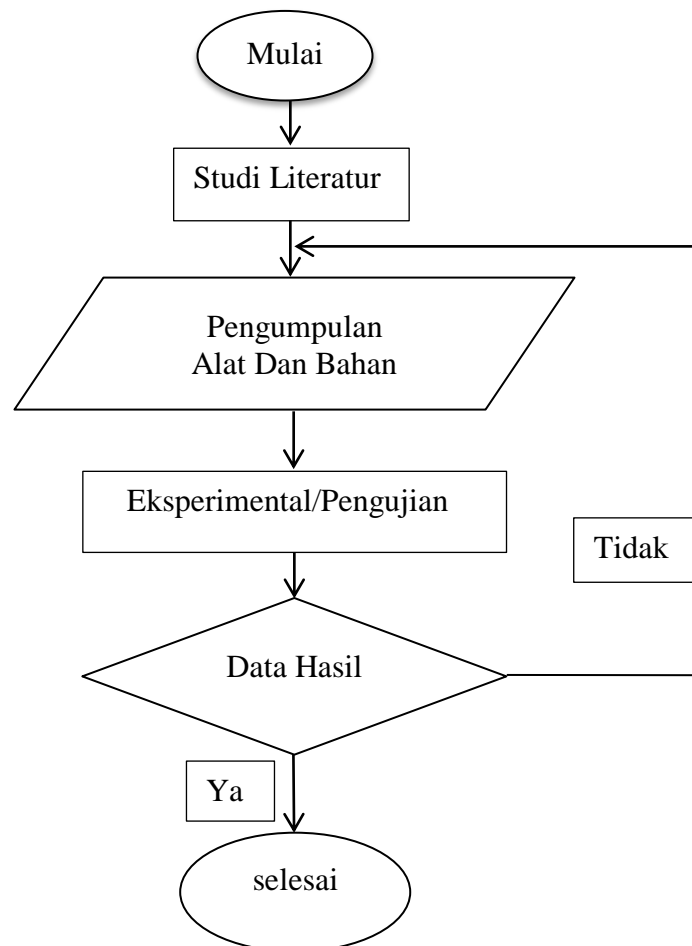
**Gambar 3.1** Instalasi Pengujian  
Sumber : (Penelitian)

Panel surya memanfaatkan energi matahari dan turbin angin memanfaatkan energi angin yang dikonversikan menjadi energi listrik untuk menghidupkan lampu tanpa pembangkit lain. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya kemudian dikontrol menggunakan *Charge Controller(CC) hybrid wind and solar cell*. *Charge Controller* berfungsi sebagai pintu arah listrik mengalir.

Energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin memutarakan generator magnet yang mengeluarkan tanganan AC 1.17 Volt kemudian regulator akan mengatur kemampuan kumparan rotor untuk menghasilkan output generator Magnet tanganan yang kecil dihasilkan oleh generator magnet di naikan oleh Modul *Step Up DC-DC* sehingga tanganan yang tinggi masuk kedalam batrai.

### 3.5 Diagram Alir

Dalam penyelesaian penelitian tugas akhir ini, diperlukan data data dalam penyusunan penelitian ada beberapa langkah kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini, diantaranya sebagai berikut :

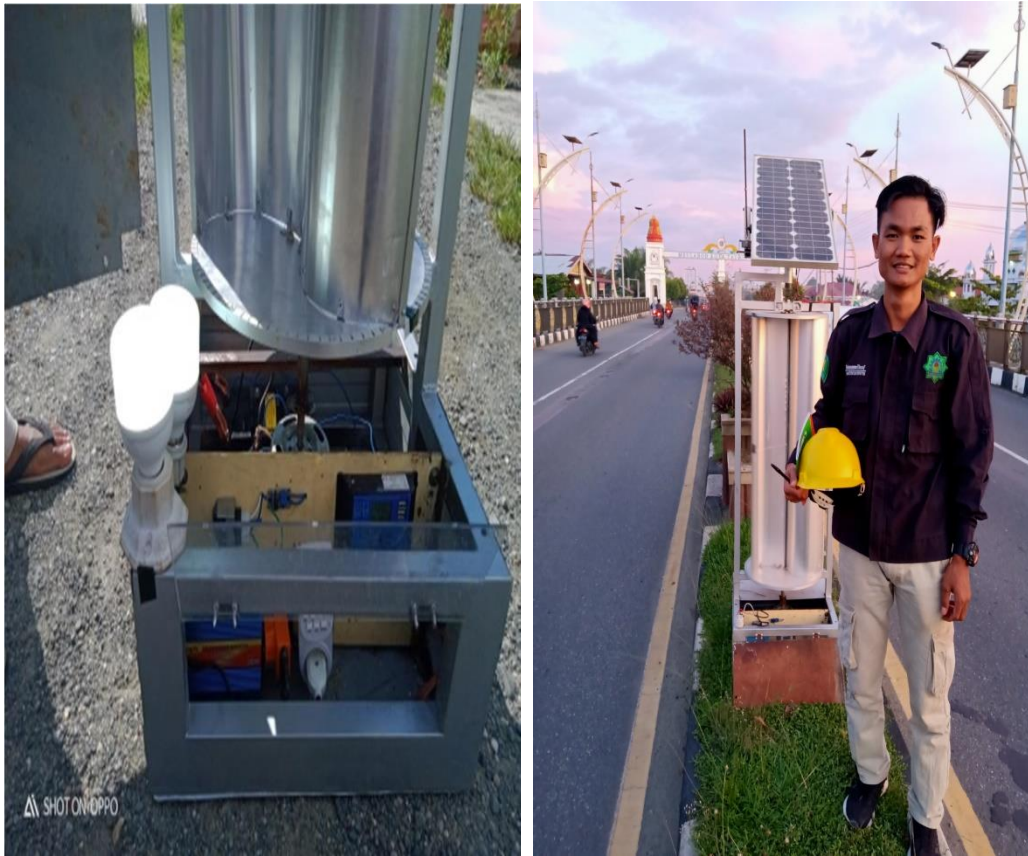


## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Pembangkit Listrik HYBRID 20 Wp-12 V

Hasil Penelitian data “Studi Eksperimental Pembangkit Listrik Hybrid VAWT dan Panel Surya Secara Otomatis Untuk Penerangan Jalan” yang didapatkan dari pengujian di jalan Nasional Meulaboh-Tapak Tuan, Desa Pasi Pinang, Kecamatan Meurebo, Kabupaten Aceh Barat selama 3 hari dengan waktu 7 jam dari jam 10:00 -16:00 Wib. Hasil pengujian Tersebut mampu menghidupkan lampu LED 30 Watt.



**Gambar 4.1** Pengujian Pembangkit Listrik HYBRID  
(Sumber: Penelitian)

## 4.2 Perhitungan Efisiensi Panel Surya

### 4.2.1 Perhitungan Efisiensi Panel Surya Hari Pertama

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Panel Surya Hari Pertama

No	Waktu/ Jam	Suhu Panel (°C)	Radiasi Matahari (W/M <sup>2</sup> )	Voltase Panel (V)	Voltase Batrai (V)	Arus Batrai (A)
1	10.00	54.4 °C	1020 I	19.72 V	14.42 V	2.58 A
2	11.00	56.2 °C	1066 I	19.89 V	14.46 V	2.60 A
3	12.00	56.7 °C	1105 I	19.91 V	14.47 V	2.62 A
4	13.00	58.6 °C	1221 I	19.92 V	14.49 V	2.68 A
5	14.00	54.5 °C	1023 I	19.74 V	14.42 V	2.58 A
6	15.00	55.0 °C	1028 I	19.80 V	14.44 V	2.60 A
7	16.00	52.2 °C	940 I	19.59 V	14.40 V	2.47 A

Sumber : (Penelitian)

Berdasarkan dari Tabel diatas meunjukkan bahwa proses pengambilan data dari panel surya pada pembangkit listrik, di ambil data dengan satu jam sekali. Pada suhu panel surya (°C), kemudian pada radiasi/ Intensitas matahari (Watt/m<sup>2</sup>) diambil data satu jam sekali dengan menggunakan pengukuran pyranometer, pada voltase panel surya (V) di ambil data satu jam sekali menggunakan pengukuran Clamp Meter, pengukuran pada voltase batrai (V) di ambil data setiap satu jam sekali menggunakan multimeter, dan pada arus batrai (A) di ambil data menggunakan multimeter dengan waktu satu jam sekali. Ada pun pengambilan data pengujian, yaitu data yang di ambil dalam satu jam sekali menggunakan alat ukur disebabkan cuaca tidak bagus, mengakibatkan data yang diambil berubah ubah.

Untuk mendapatkan nilai  $P_{out}$  pada pengujian hari pertama, menggunakan persamaan (2.2)

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V \times I \\
 &= 19,72 \text{ V} \times 2,58 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$= 50,87 \text{ Watt}$$

Jadi nilai  $P_{out}$  pada pengujian hari pertama pukul 10:00 Wib memperoleh nilai sebesar 50,87 Watt.

Untuk mendapatkan nilai  $P_{in}$  pada pengujian hari pertama, menggunakan persamaan (2.1)

$$P_{in} = A \times I_r$$

$$= 0,2735 \text{ m}^2 \times 1020 \text{ W/m}^2$$

$$= 280,0 \text{ Watt}$$

Jadi nilai  $P_{in}$  pada pengujian hari pertama pukul 10:00 Wib memperoleh nilai sebesar 280,0 Watt.

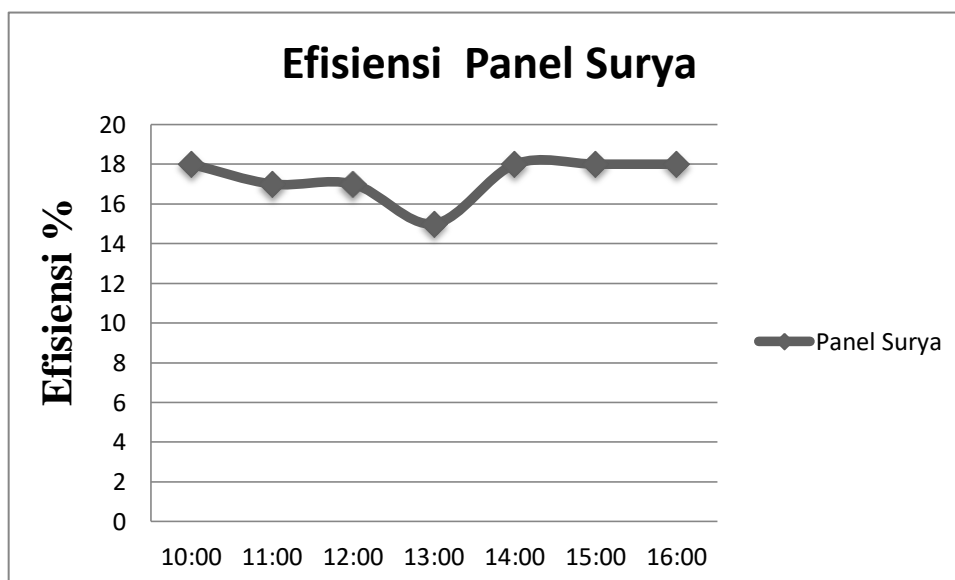
Rumus efisiensi dari panel surya menggunakan persamaan (2.3)

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{50,87}{280,0} \times 100\%$$

$$\eta = 18,1 \%$$

Jadi hasil  $P_{out}$  yang didapatkan sebesar 50,87 Watt dan hasil  $P_{in}$  yang di dapat kan sebesar 280,0 Watt. Jadi hasil efisiensi dari panel surya pada pengujian hari pertama untuk pukul 10:00 Wib mencapai 18,1 %. Sedangkan efisiensi tertinggi yaitu pada pukul 16:00 Wib yaitu mecapai 18,8%



**Gambar 4.2** Grafik Pengujian Panel Surya Hari Pertama

Berdasarkan Grafik 4.2 menjelaskan bahwa nilai efisiensi yang tertinggi pada pengujian hari pertama mencapai angka 18,8 % pada jam 16:00 Wib. Adapun nilai efisiensi yang terendah mencapai angka 15,9% pada jam 13:00 Wib. Pada pengambilan data pengujian mulai dari jam 08:00 s/d 16:00 memperoleh data pengujian yang berbeda-beda dikarenakan faktor cuaca yang tidak stabil pada saat pengambilan data pengujian.

#### 4.2.2 Perhitungan Efisiensi Panel Surya Hari Kedua

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Panel Surya Hari Kedua

No	Waktu/ Jam	Suhu Panel (°C)	Radiasi Matahari (W/M <sup>2</sup> )	Voltase Panel (V)	Voltase Batrai (V)	Arus Batrai (A)
1	10.00	53 °C	1005 I	19.57 V	14.38 V	2.41 A
2	11.00	55 °C	1028 I	19.63 V	14.43 V	2.50 A
3	12.00	52 °C	936 I	19.44 V	14.20 V	2.39 A
4	13.00	55.2 °C	1030 I	19.75 V	14.43 V	2.58 A
5	14.00	59.1 °C	1230 I	19.87 V	14.47 V	2.64 A
6	15.00	54.6 °C	1024 I	19.73 V	14.44 V	2.56 A
7	16.00	52.2 °C	940 I	19.56 V	14.39 V	2.44 A

(Sumber: Penelitian)

Berdasarkan dari Tabel diatas meunjukkan bahwa proses pengambilan data dari panel surya pada pembangkit listrik, di ambil data dengan satu jam sekali.



Pada suhu panel surya ( $^{\circ}\text{C}$ ), kemudian pada radiasi/ Intensitas matahari ( $\text{Watt}/\text{m}^2$ ) diambil data satu jam sekali dengan menggunakan pengukuran pyranometer, pada voltase panel surya (V) di ambil data satu jam sekali menggunakan pengukuran Clamp Meter, pengukuaran pada voltase batrai (V) di ambil data setiap satu jam sekali menggunakan multimeter, dan pada arus batrai (A) di ambil data menggunakan multimeter dengan waktu satu jam sekali. Ada pun pengambilan data pengujian, yaitu data yang di ambil dalam satu jam sekali menggunakan alat ukur disebabkan cuaca tidak bagus, mengakibatkan data yang diambil berubah ubah.

Untuk mendapatkan nilai  $P_{\text{out}}$  pada pengujian hari ke dua, menggunakan persamaan (2.2)

$$\begin{aligned} P_{\text{out}} &= V \times I \\ &= 19,57 \text{ V} \times 2,41 \text{ A} \\ &= 47,16 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jadi nilai  $P_{\text{out}}$  pada pengujian hari ke dua pukul 10:00 Wib memperoleh nilai sebesar 47,16 Watt.

Untuk mendapatkan nilai  $P_{\text{in}}$  pada pengujian hari kedua, menggunakan persamaan (2.1)

$$\begin{aligned} P_{\text{in}} &= A \times I_r \\ &= 0,2735 \text{ m}^2 \times 1005 \text{ W}/\text{m}^2 \\ &= 274, 8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jadi nilai  $P_{\text{in}}$  pada pengujian hari ke dua pukul 10:00 Wib memperoleh nilai sebesar 274, 8 Watt.

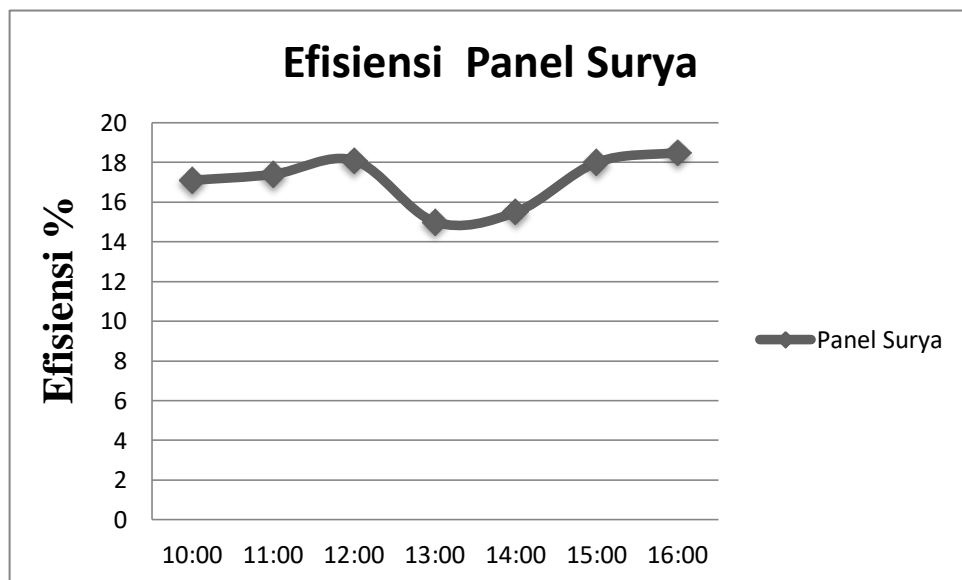
Rumus efisiensi dari panel surya menggunakan persamaan (2.3)

$$\eta = \frac{P_{\text{Out}}}{P_{\text{In}}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{47,16}{274,8} \times 100\%$$

$$\eta = 17,1 \%$$

Jadi hasil  $P_{\text{out}}$  yang didapatkan sebesar 47,16 Watt dan hasil  $P_{\text{in}}$  yang di dapat kan sebesar 274,8 Watt. Jadi hasil efisiensi dari panel surya pada pengujian hari kedua untuk pukul 10:00 Wib mencapai 17,7 %. Sedangkan efisiensi tertinggi yaitu pada pukul 16:00 Wib yaitu mecapai 18,5%



**Gambar 4.3** Grafik Pengujian Panel Surya Hari kedua

Berdasarkan Grafik 4.3 menjelaskan bahwa nilai efisiensi yang tertinggi pada pengujian hari ke dua mencapai angka 18,5% pada jam 16:00 Wib. Ada pun nilai efisiensi yang terendah mencapai angka 15,5% pada jam 14:00 Wib. Pada pengambilan data pengujian mulai dari jam 08:00 s/d 16:00 memperoleh data pengujian yang berbeda-beda dikarnakan faktor cuaca yang tidak stabil pada saat pengambilan data pengujian.

### 4.2.3 Perhitungan Efisiensi Panel Surya Hari Ketiga

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Panel Surya Hari Ketiga

No	Waktu/ Jam	Suhu Panel (°C)	Radiasi Matahari (W/M <sup>2</sup> )	Voltase Panel (V)	Voltase Batrai (V)	Arus Batrai (A)
1	10.00	50 °C	932 I	19.62 V	14.40 V	2.40 A
2	11.00	52.3 °C	945 I	19.70 V	14.41 V	2.46 A
3	12.00	53.7°C	1015 I	19.85 V	14.44 V	2.54 A
4	13.00	58 °C	1151 I	19.90 V	14.50 V	2.60 A
5	14.00	58.1 °C	1198 I	19.92 V	14.52 V	2.62 A
6	15.00	56.6 °C	1095 I	19.86 V	14.43 V	2.59 A
7	16.00	56 °C	1054 I	19.81 V	14.42 V	2.57 A

(Sumber: Penelitian)

Berdasarkan dari Tabel diatas meunjukkan bahwa proses pengambilan data dari panel surya pada pembangkit listrik, di ambil data dengan satu jam sekali. Pada suhu panel surya (°C), kemudian pada radiasi/ Intensitas matahari (Watt/m<sup>2</sup>) diambil data satu jam sekali dengan menggunakan pengukuran pyranometer, pada voltase panel surya (V) di ambil data satu jam sekali menggunakan pengukuran Clamp Meter, pengukuran pada voltase batrai (V) di ambil data setiap satu jam sekali menggunakan multimeter, dan pada arus batrai (A) di ambil data menggunakan multimeter dengan waktu satu jam sekali. Ada pun pengambilan data pengujian, yaitu data yang di ambil dalam satu jam sekali menggunakan alat ukur disebabkan cuaca tidak bagus, mengakibatkan data yang diambil berubah ubah.

Untuk mendapatkan nilai  $P_{out}$  pada pengujian hari ke tiga, menggunakan persamaan (2.2)

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V \times I \\
 &= 19,62 \text{ V} \times 2,40 \text{ A} \\
 &= 47,08 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai  $P_{out}$  pada pengujian hari ke tiga pukul 10:00 Wib memperoleh nilai sebesar 47,08 Watt.

Untuk mendapatkan nilai  $P_{in}$  pada pengujian hari ketiga, menggunakan persamaan (2.1)

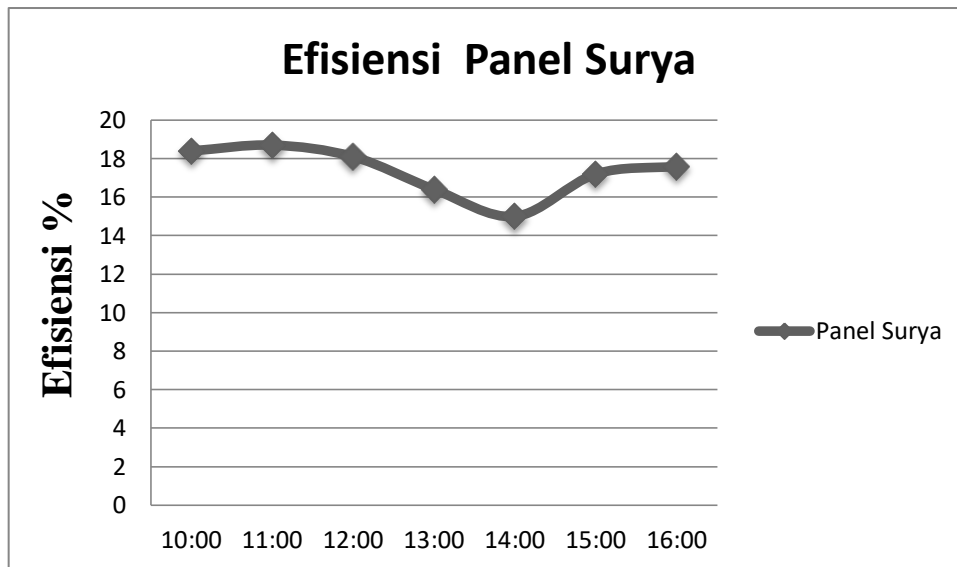
$$\begin{aligned} P_{in} &= A \times I_r \\ &= 0,2735 \text{ m}^2 \times 932 \text{ W/m}^2 \\ &= 254,9 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jadi nilai  $P_{in}$  pada pengujian hari ke tiga pukul 10:00 Wib memperoleh nilai sebesar 254,9 Watt.

Rumus efisiensi dari panel surya menggunakan persamaan (2.3)

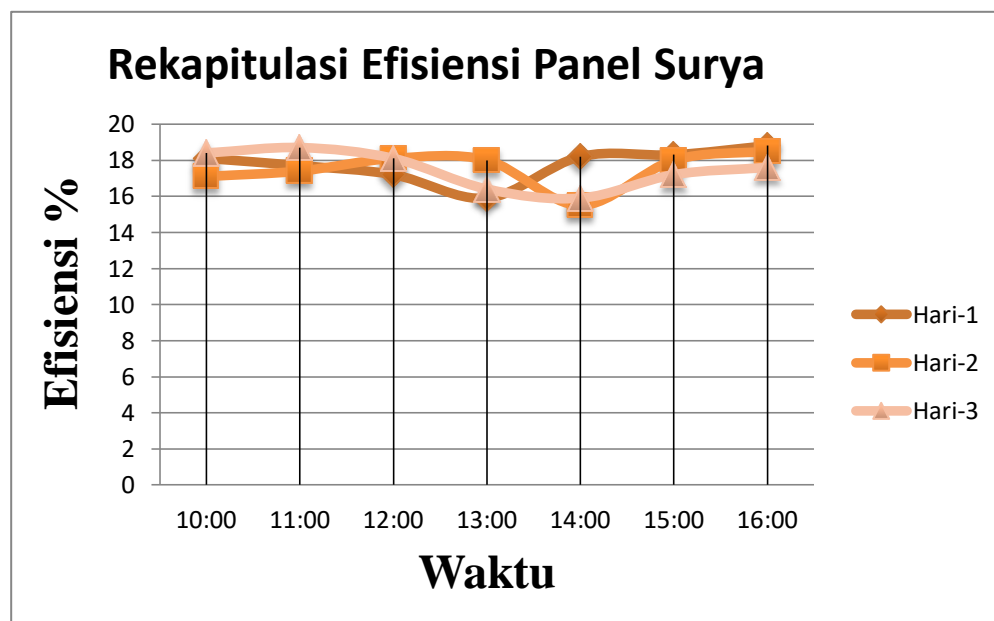
$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{47,08}{254,9} \times 100\% \\ \eta &= 18,4\% \end{aligned}$$

Jadi hasil  $P_{out}$  yang didapatkan sebesar 47,08 Watt dan hasil  $P_{in}$  yang di dapat kan sebesar 254,9 Watt. Jadi hasil efisiensi dari panel surya pada pengujian hari ketiga untuk pukul 10:00 Wib mencapai 18,4 %. Sedangkan efisiensi tertinggi yaitu pada pukul 11:00 Wib yaitu mecapai 18,7%



**Gambar 4.4** Grafik Pengujian Panel Surya Hari ke tiga

Berdasarkan Grafik 4.4 menjelaskan bahwa nilai efisiensi yang tertinggi pada pengujian hari ke tiga mencapai angka 18,7 % pada jam 11:00 Wib. Ada pun nilai efisiensi yang terendah mencapai angka 15,9% pada jam 14:00 Wib. Pada pengambilan data pengujian mulai dari jam 08:00 s/d 16:00 memperoleh data pengujian yang berbeda-beda dikarenakan faktor cuaca yang tidak stabil di saat pengambilan data pengujian.



**Gambar 4.5** Grafik Rekapitulasi Efisiensi Panel Surya

Berdasarkan Grafik di atas hasil dari efisiensi sejak pengujian hari pertama sampai pengujian hari pertama, nilai efisiensi tertinggi yaitu pada hari pertama pukul 16:00 Wib, mencapai 18,8% dan nilai efisiensi terendah yaitu pada hari ke dua pukul 14:00 Wib mencapai 15,5%

### 4.3. Perhitungan Efisiensi Turbin Angin

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Turbin Angin

NO	Kecepatan Angin km/H	Putaran poros RPM	Voltase Generator (V)	Tegangan Batrai (V)	Arus Baterai (A)
1	36 km/H = 16.0 m/s	151 RPM	1.05	14.42 V	2,57 A
2	32.5 km/H = 14.5 m/s	122 RPM	0.93	14.46 V	2,60 A
3	40.95 km/H = 18.3 m/s	214 RPM	1.17	14.47 V	2,64 A
4	39.9 km/H = 17.83 m/s	209 RPM	1.14	14.49 V	2,68 A
5	31.85 km/H = 14.23 m/s	113 RPM	0.91	14.42 V	2,57 A

(Sumber: Penelitian)

### 4.4. Hasil Pengujian Karakteristik Ouput Generator

Menurut perhitungan daya listrik yang mampu menghasilkan oleh generator adalah sebagai berikut :

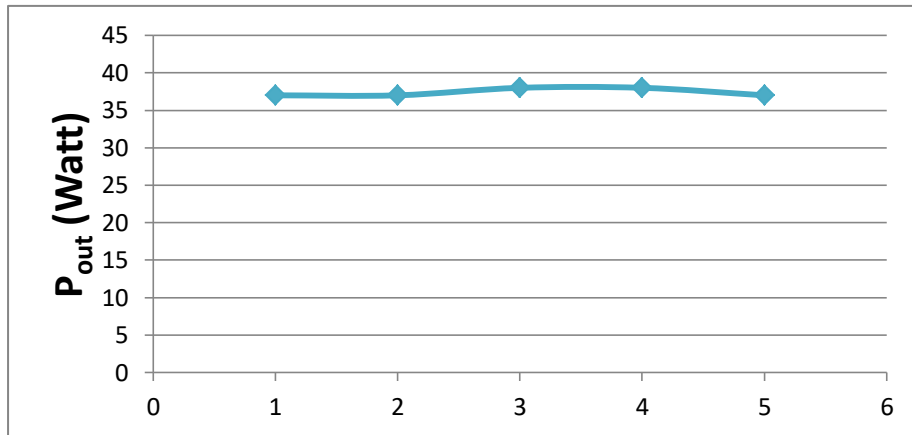
Berdasarkan Data dari Tabel 4.4 dapat di hitung daya listrik yang dihasilkan oleh Generator dengan persamaan (2.4) .

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V \times I \\
 &= 14,42 \times 2,57 \\
 &= 37,05 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.5** Hasil Perhitungan daya listrik yang dihasilkan oleh Generator

NO	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	$P_{Out}$ (Watt)
1	14,42	2,57	37,05
2	14,46	2,60	37,59
3	14,47	2,64	38,20
4	14,49	2,68	38,83
5	14,42	2,57	37,05

Dari Tabel 4.5 dibuat grafik hubungan antara arus listrik generator terhadap daya listrik yang dapat dihasilkan oleh generator.



**Gambar 4.6** Grafik Hubungan Antara Daya listrik dihasilkan generator terhadap arus serta tahanan generator

#### 4.5. Hasil Pengujian Karakteristik Daya Input Turbin Angin

Menurut Abdul Kadir (195:2018), Perhitungan daya angin pada sudu merupakan energi yang dihasilkan per satuan waktu berdasarkan data data ukuran sudu maka daya angin yang dihasilkan angin, menggunakan persamaan (2.5).

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \frac{1}{2} \rho \times A \times v^3 \\
 &= \frac{1}{2} 1,2 \times 392 \times (16,0)^3 \\
 &= 963,37 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.6** Hasil Perhitungan  $P_{in}$  Turbin Angin

NO	Kepadatan Udara ( $\text{kg/m}^3$ )	Luas Daerah Sapuan Sudu ( $\text{m}^2$ )	Kecepatan Angin ( $\text{m/s}$ )	$P_{in}$ (Watt)
1	1,2	392	16,0	963,37
2	1,2	392	14,5	717,03
3	1,2	392	18,3	1441,42
4	1,2	392	17,83	1333,18
5	1,2	392	14,23	677,72

#### 4.6. Hasil Karakteristik Efisiensi Generator

Pengujian ini hanya dilakukan untuk mengetahui karakteristik efisiensi generator pada turbin angin yang digunakan. Dari pengujian ini memperoleh berupa data daya input dan output. Pengujian ini dilakukan dengan menentukan luas sudu turbin angin. Putaran bergerak dengan sumber angin dapat mengetahui kecepatan angin.

**Tabel 4.7** Rakapitulasi Perhitungan  $P_{in}$  Turbin Angin dan  $P_{Out}$  Turbin Angin

NO	$P_{Out}$ (Watt)	$P_{in}$ (Watt)
1	37,05	963,37
2	37,59	717,03
3	38,20	1441,42
4	38,83	1333,18
5	37,05	677,72

Kecepatan angin yang dihasilkan oleh sumber angin di jalan akan menentukan hasil efisiensi generator. Semakin besar daya *input* yang di hasilkan maka semakin kecil efisiensi yang dihasilkan efisiensi generator tersebut. Dan sebaliknya, semakin kecil *input* yang dihasilkan oleh angin, maka hasil efisiensi nya semakin besar yang di hasilkan oleh efisiensi generator.

Menurut perhitungan efisiensi generator yang bisa menghasilkan oleh Turbin Angin, menggunakan persamaan (2.6)

$$\begin{aligned} \eta_g &= \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100\% \\ &= \frac{37,05}{963,37} \times 100 \% \\ &= 3,84 \% \end{aligned}$$

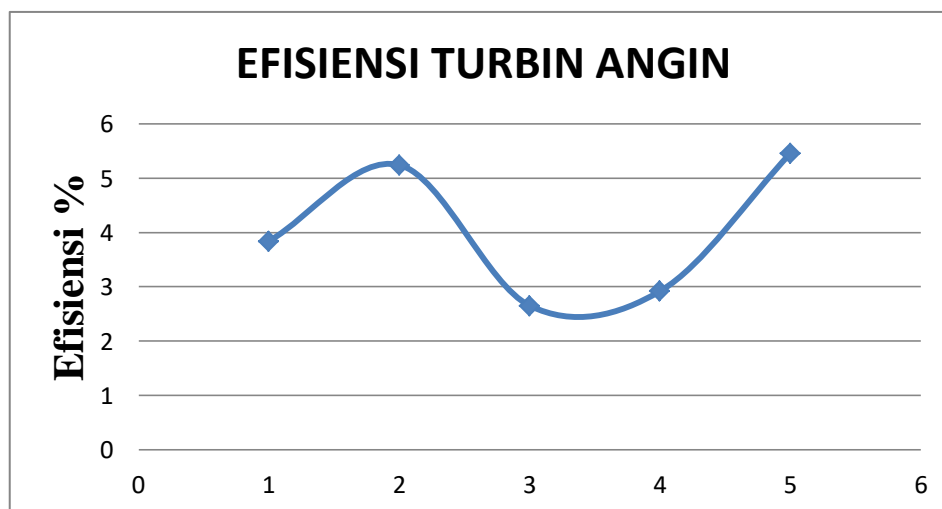


Hasil Selajutnya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Hasil Perhitungan Efisiensi Generator pada Turbin Angin

NO	$P_{in}$ (Watt)	$P_{out}$ (Watt)	Efisiensi Generator (%)
1	963,37	37,05	3,84 %
2	717,03	37,59	5,24%
3	1441,42	38,20	2,65%
4	1333,18	38,83	2,92%
5	677,72	37,05	5,46%

Dari Tabel 4.8 diatas bisa kita simpulkan hasil efisiensi generator maksimum mendapatkan 5,46% dan efisiensi generator minimum 2,65%. Berikut grafik hasil efisiensi pada turbin angin.



**Gambar 4.7** Grafik Rekapitulasi Efisiensi Turbin Angin

#### 4.7 Efisiensi Hybrid

**Tabel 4.9** Hasil Rekapitulasi Efisiensi Panel Surya

NO	Efisiensi Panel Surya Hari-1	Efisiensi Panel Surya Hari-2	Efisiensi Panel Surya Hari-3
1	18,1 %	17,1 %	18,4 %
2	17,7 %	17,4 %	18,7 %
3	17,2 %	18,1 %	18,1 %
4	15,9 %	18,0 %	16,4 %
5	18,2 %	15,5 %	15,9 %
6	18,3 %	18,0 %	17,2 %
7	18,8 %	18,5 %	17,6 %

Berdasarkan Tabel 4.9 pada hari-1 efisiensi tertinggi mencapai angka 18,8% sedangkan nilai terendah pada hari-1 mencapai 15,9%, kemudian pada hari-2 nilai efisiensi tertinggi mencapai angka 18,5% sedangkan efisiensi terendah mencapai angka 15,5% dan hari-3 nilai efisiensi tertinggi mencapai 18,7% sedangkan nilai terendah mencapai angka 15,9%. Efisiensi panel surya maksimum dan minimum yang dihasilkan selama 3 hari 18,8 % s/d 15,5 %. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya yang digunakan sudah efisien.

**Tabel 4.10** Hasil Rekapitulasi Efisiensi Turbin Angin

NO	Efisiensi Turbin Angin
1	3,84 %
2	5,24 %
3	2,65 %
4	2,92 %
5	5,46 %

Berdasarkan Tabel 4.10 pada efisiensi turbin angin tertinggi mencapai angka 5,46 % sedangkan nilai terendah pada efisiensi turbin angin mencapai 2,65 %. Efisiensi generator maksimum dan minimum yang dihasilkan 5,46 % s/d 2,65 %. Hal ini menunjukkan bahwa generator yang digunakan sudah efisien.

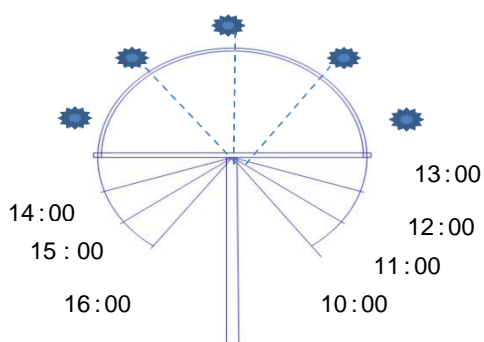
#### 4.8. Sistem Elektronik

Sistem Elektronik adalah rangkaian *driver motor stepper* yang didalamnya juga dilakukan pemrograman untuk menentukan jadwal pergeseran atau rotasi motor agar motor dapat dengan tepat mengarahkan panel surya menghadap pada posisi maksimal radiasi matahari.

Pada sistem ini menggunakan *switch timer* untuk memberikan batas waktu pergerakan motor untuk menggerakkan panel surya sesuai derajat radiasi yang di

tentukan secara tepat pada waktunya. Dalam perancangan ini untuk pergerakan panel dalam 18 derajat pergerakan selama selang waktu 2 menit, jadi motor bergerak selama dua menit sebelum pukul waktu yang derajatnya telah di tentukan. Adapun diagram blok serta skema perancangan dapat dilihat pada gambar dibawah in

Sistem elektronik dirancang agar dapat memberikan pergerakan atau rotasi motor 18 derajat setiap 60 menit



NO	WAKTU
1	$36^\circ = 10.00 - 11.00$ WIB
2	$54^\circ = 11.00 - 12.00$ WIB
3	$72^\circ = 12.00 - 13.00$ WIB
4	$90^\circ = 13.00 - 14.00$ WIB
5	$-72^\circ = 14.00 - 15.00$ WIB
6	$-54^\circ = 15.00 - 16.00$ WIB
7	$-36^\circ = 16.00 - 17.00$ WIB

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Setelah dilakukan penelitian dan dilanjutkan dengan pengolahan data pada bab 4 tentang Mencari efisiensi panel surya dan turbin angin dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efisiensi ( $\eta$ ) Panel Surya pada Pembangkit Listrik Hybrid dikawasan Meurebo Aceh Barat pada hari pertama pada penelitian suhu panel surya mencapai 58.6 °C dengan Efisiensi sebesar 15,9 %. Sedangkan pada hari kedua suhu panel surya mencapai 59,1 °C dengan Efisiensi sebesar 15,5 %. Dan pada hari ketiga suhu panel mencapai 58.1 °C dengan Efisiensi 15,9 %. Sangat stabil
2. Berdasarkan analisis yang dihasilkan bahwa daya input yang dihasilkan pada Turbin Angin mencapai 677,72 Watt sampai 1441,42 Watt dan daya output yang dihasilkan pada Turbin Angin mencapai 37,05 Watt Sampai 38,83Watt. Efisiensi Generator maksimum dan minimum menghasilkan 5,46% hingga 2,65%.
3. Semakin besar kecepatan angin maka semakin kecil nilai efisiensi yang didapatkan. Dan semakin besar  $P_{in}$  panel surya maka akan kecil pula nilai efisiensi panel surya.

#### **5.2 SARAN**

Berikut ini ada beberapa saran penulis pada penelitian ini :

1. Pada Generator yang dipakai tidak lah sempurna, dikarenakan generator yang dipakai dirancang sedemikian rupa/eksperimen, untuk penelitian selanjutnya

agar memakai generator permanen agar Output nya stabil. Tidak Perlu memakai *Modul Step Up Dc to Dc* Untuk Menaikan daya.

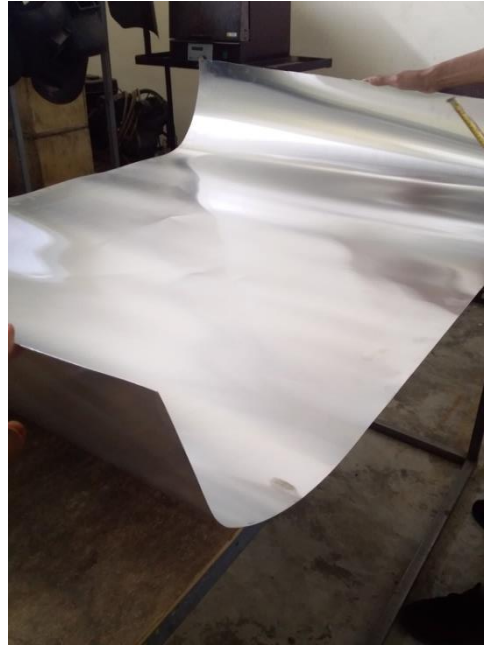
2. Diharapkan untuk pengembangan Pembangkit Listrik Hybrid selanjutnya agar memakai sesnsor arduino pada sistem elektrik.

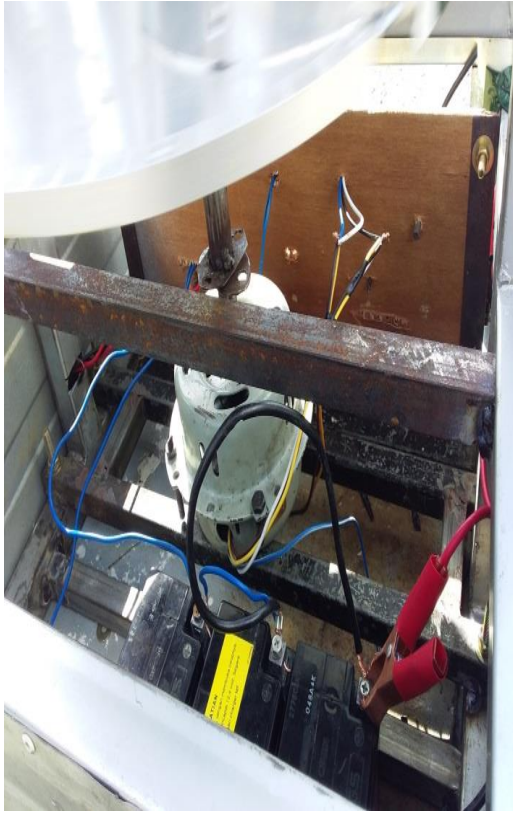
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pria Gagani Chamderareno .(2017). *Studi eksperimental terhadap panel surya dan Inverter*
- [2] Bilal, M, Muhammad Naeem Arbab & Alishpa Khattak, (2016). *Incerasing the Output Power And E Cciecny of Solar Panel by Using Concentrator Photovoltaics*
- [3] Eslin, (1990). *Maximum Power Point Tracking: a Cost Saving Necessity in Solar Energi Sistem. Industrial Electronic Society, Iecon 90 16<sup>th</sup> Annual Coference of IEEE, 1073-1077.*
- [4] Melyana Enjelita Girsang. (2017). *Prototipe Hibrid Panel Surya dan Turbin Angin* untuk menyediakan daya kamera pemantau bawah laut dikepulauan riau.
- [5] Firman Aryanto, I Made Mara & Made Nuarsa (2013). *Pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin poros horizontal .*
- [6] Hanum Nayomi & Amine Raharjo. (2013). *Peluang pemanfaatan lampu LED sebagai sumber penerangan.*
- [7] Nuraini Pryaningsih, & Nurhening Yuniarti (2017). *Analisis efisiensi generator pada Wind Turbin*
- [8] Rafika, H., Mainil, R, I., & Aziz, A . (2016). *Kajia eksperimental pembangkit listrik berbasis thermoelectric generator (TEG) dengan pendinginan menggunakan udara.* Jurnal sains dan teknologi , 15(1): 7-11
- [9] Diana Hidyanti, & Galih Dewangga,.(2019). *Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin Dan Surya Dengan Penggerak Otomatis Pada Panel Surya* 15(3): 93-101.
- [10] Moch Fachruddin Wahyu Permadi.& Indra Herlamba Siregar (2018). *Uji eksperimental turbin angin sumbu vertikal jenis cross flow dengan variasi jumlah blade* 06(01): 15-31 Surabaya.

## LAMPIRAN

### 1. Proses Fablikasi Pembangkit Listrik Hybrid

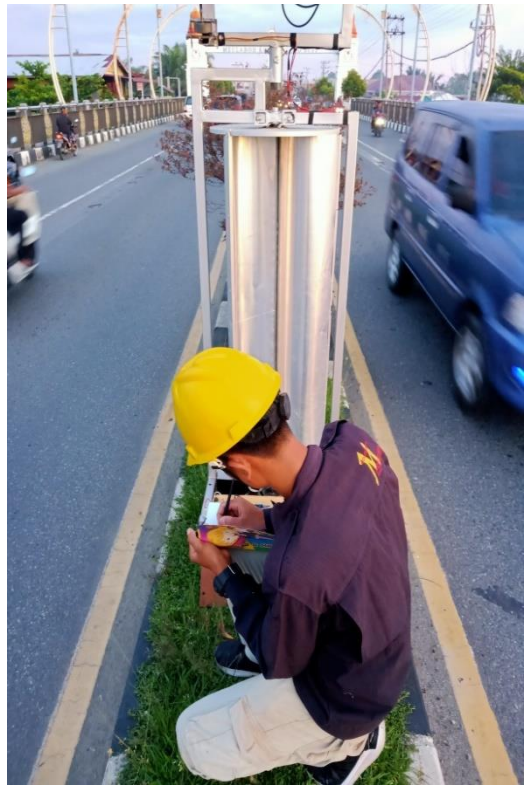
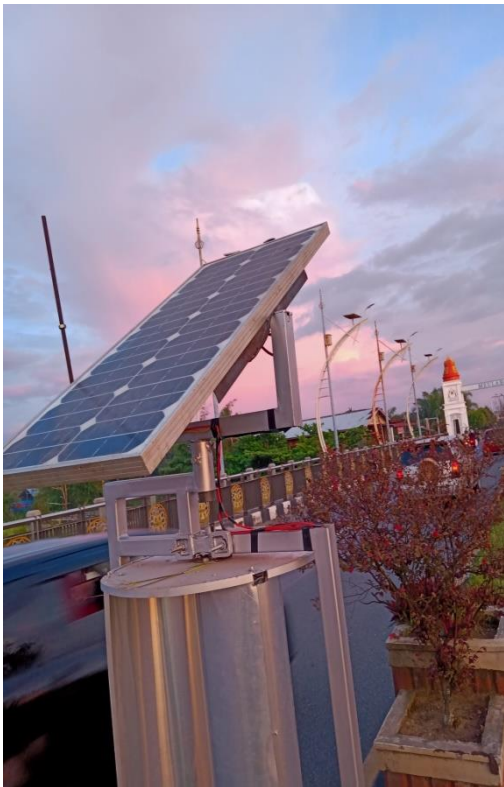




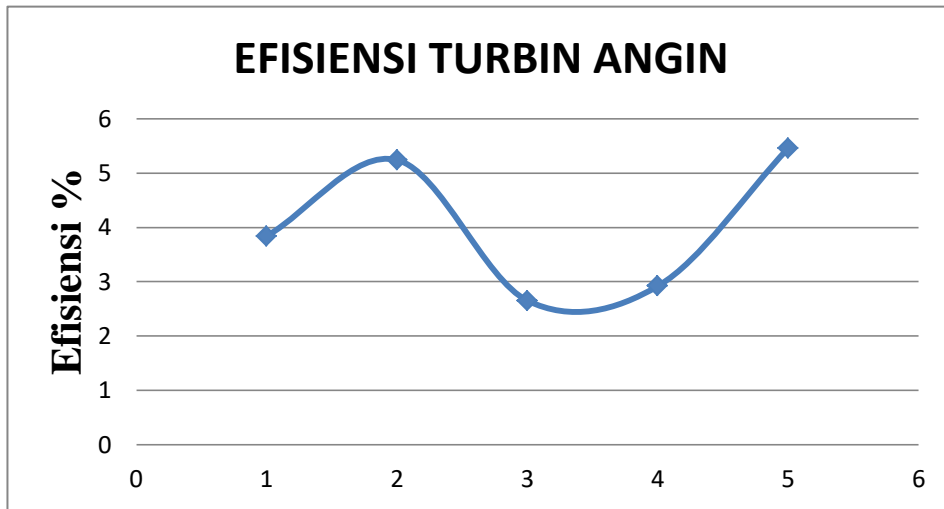


## 2. Proses Pengujian Pembangkit Listrik Hybrid

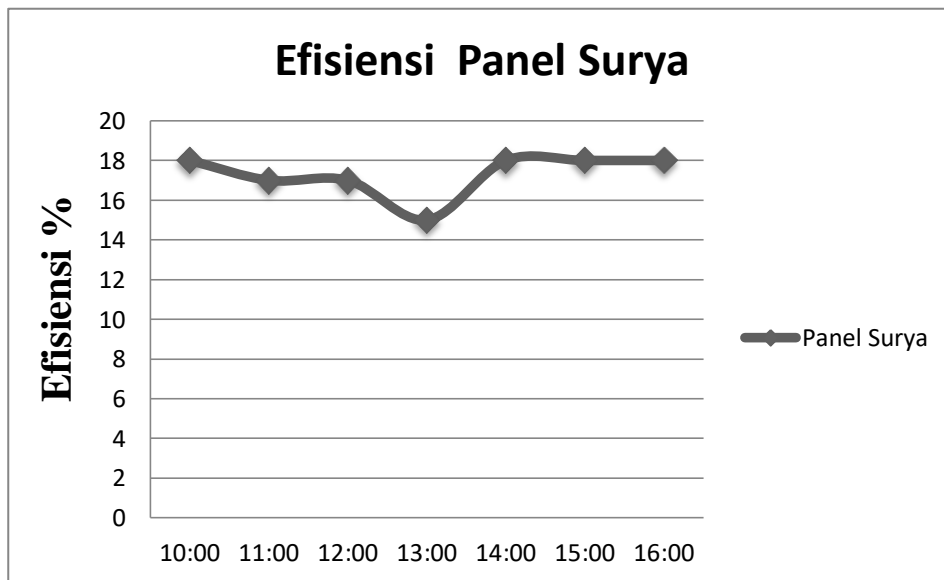




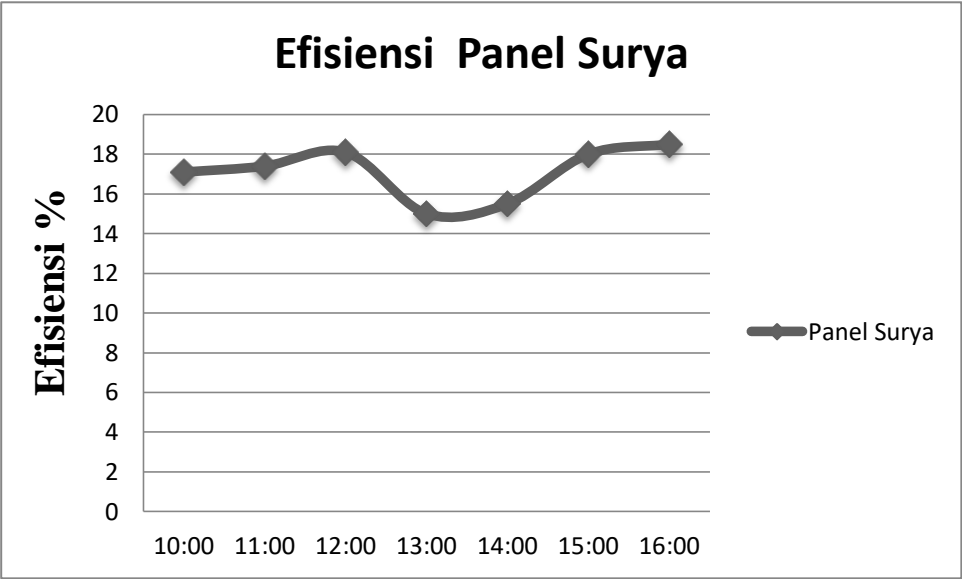
### 3. Grafik Efisiensi Pembangkit Listrik Hybrid



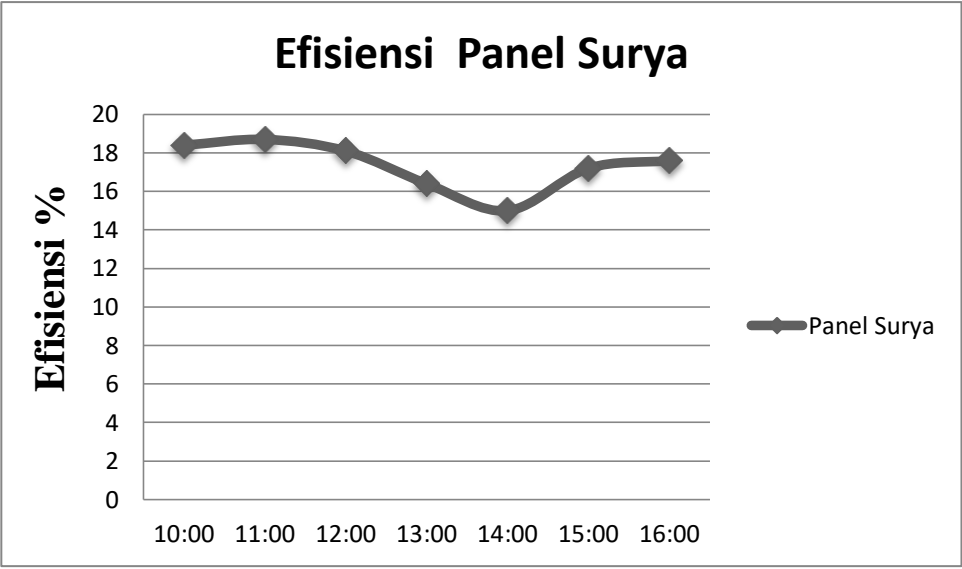
Grafik Efisiensi Turbin Angin



Grafik Efisiensi Panel Surya H-1



**Grafik Efisiensi Panel Surya H-2**



**Grafik Efisiensi Panel Surya H-3**



## BIODATA PENULIS



Dirga Pratama Sering dipanggil Dirga, lahir di Mukti Makmur pada tanggal 25 Maret 1998 dari pasangan suami istri bapak Hariadi Tanzil dan ibu Sarmunah. Peneliti adalah anak ke-2 dari 5 bersaudara. Penulis Sekarang bertempat tinggal di gampong Makmur Jaya kecamatan Simpang Kiri Kota Subulussalam pendidikan

yang telah di tempuh oleh penulis yaitu SD Negeri 1 Bakal Buah lulus pada tahun 2010, SMP Negeri 2 Simpang Kiri lulus pada tahun 2013, SMK Negeri 1 Simpang Kiri lulus pada tahun 2016, dan pada tahun 2016 mulai mengikuti Program S1 Teknik Mesin di Universitas Teuku Umar yang terdaftar dengan NIM 1605903010042. Selama masa kuliah, penulis aktif mengikuti seminar dan kuliah di jurusan Teknik Mesin dengan bidang Teknik Konversi Energi. Sebagai bahan Tugas Akhir (TGA) yang memiliki topik Pembangkit Listrik *Hybrid* di bawah bimbingan Maldi Saputra, S.T., M.T.