

# **ANALISIS EFISIENSI ENERGI SISTEM HYBRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN ANGIN**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**MUHAMMAD RIDHO RAMADAN**

**178120016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2022**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

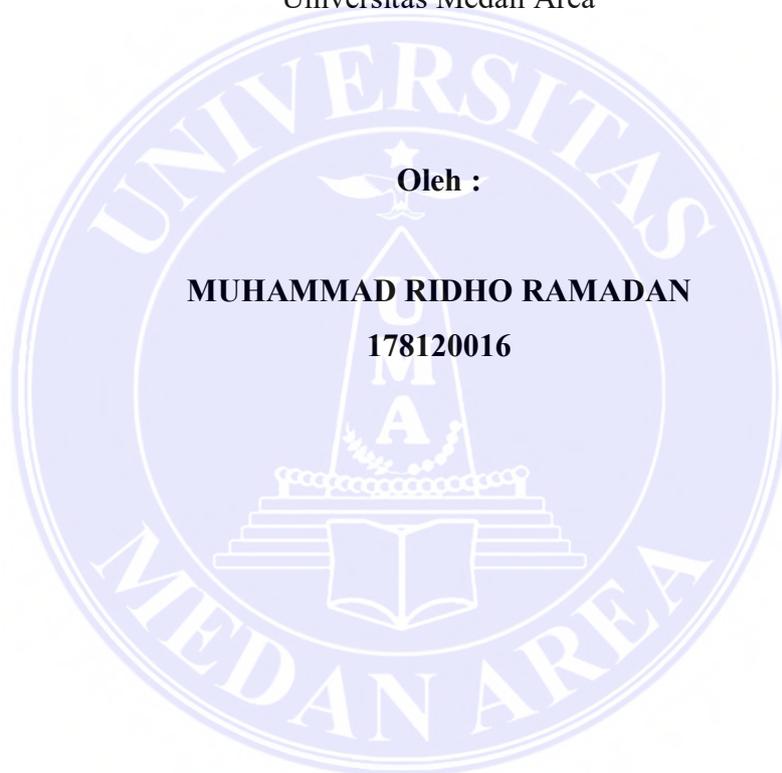
Document Accepted 23/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)23/12/22

# **ANALISIS EFISIENSI ENERGI SISTEM HYBRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN ANGIN**

## **SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Medan Area



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**2022**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 23/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)23/12/22

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Efisiensi Energi Sistem Hybrid Pembangkit Listrik  
Tenaga Surya Dengan Angin

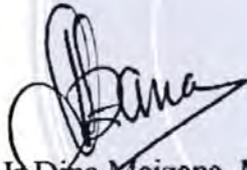
Nama : Muhammad Ridho Ramadan

NPM : 17.812.0016

Fakultas : Teknik

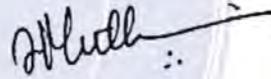
Jurusan : Teknik Elektro

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Dina Maizana, MT

Pembimbing I



Syarifah Muthia Putri, ST, MT

Pembimbing II



Dr. Rahmat Syah, S.Kom, M.Kom

Dekan FT UMA



Habib Satria, S.Pd, MT

Ka. Prodi Teknik Elektro

Tanggal Lulus : 28 Juni 2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 23/12/22

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri, Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah,

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 28 juni 2022



Muhammad Ridho Ramadan

17.812.0016

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Ridho Ramadan

NPM : 17.812.0016

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Analisis Efisiensi Energi Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Angin”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, Mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 28 Juni 2022



Muhammad Ridho Ramadan

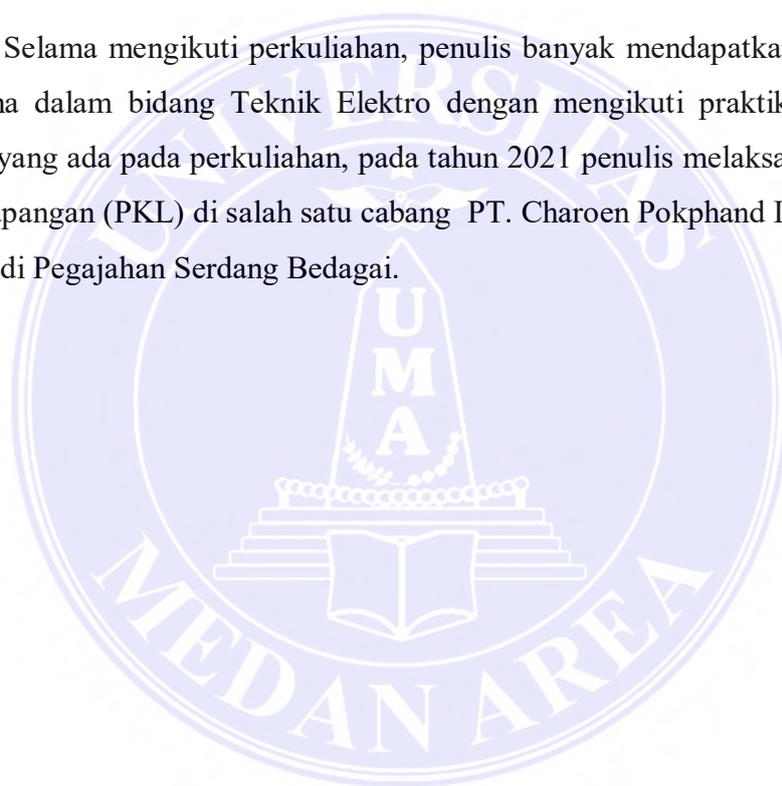
17.812.0016

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pegajahan Kabupaten Serdang Bedagai pada tanggal 04 januari 2000 dari ayah Munar dan ibu Ngatiah. Penulis merupakan anak ke empat dari empat bersaudara.

Tahun 2017 penulis lulus dari SMK Negeri 1 Perbaungan dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area Jurusan Teknik Elektro.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis banyak mendapatkan pengetahuan terutama dalam bidang Teknik Elektro dengan mengikuti praktikum dan mata kuliah yang ada pada perkuliahan, pada tahun 2021 penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di salah satu cabang PT. Charoen Pokphand Indonesia yang berada di Pegajahan Serdang Bedagai.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis, dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu ini.

Judul yang dipilih dalam analisis penelitian ini adalah “ANALISIS EFISIENSI ENERGI SISTEM HYBRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN ANGIN” skripsi ini disusun serta guna menyelesaikan program pendidikan stara 1 Program Studi Teknik Elektro Universitas Medan Area.

Pada kesempatan kali ini juga penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan, baik moral maupun matrial yang telah diberikan kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan penulisan Skripsi ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua saya yang telah mengkuliahkan saya sampai selesai, Yang selalu memberi doa dan dukungan secara moril maupun material.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
4. Bapak Habib Satria, S.Pd, MT selaku ketua program studi Teknik elektro Universitas Medan Area

5. Ibu Dr, Ir. Dina Maizana, MT selaku Dosen pembimbing I untuk Skripsi ini, yang sudah banyak meluangkan waktu, Tenaga dan pikiran dalam penyusunan proposal tugas akhir ini sampai selesai
6. Ibu Syarifah Muthia Putri, ST, MT. selaku dosen pembimbing II untuk Skripsi ini, yang sudah banyak meluangkan waktu, Tenaga dan pikiran dalam penyusunan proposal tugas akhir ini sampai selesai.
7. Seluruh Dosen program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Medan Area yang telah memberikan pengetahuannya ketika mengajar mata kuliah dengan ikhlas kepada penulis
8. Seluru Staff pengajar Universitas Medan Area khususnya Program studi Teknik Elektro
9. Rekan-Rekan kelas saya terkhususnya buat teknik elektro angkatan 2017 dan Kepada semua pihak yang membantu penulisan dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga apa yang telah disajikan dalam skripsi ini dapat bermanfaat dan digunakan sebagai bahan referensi untuk rekan rekan dan pembaca sekalian.

Penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa dapat membalas semua kebaikan dan bantuan yang telah diberikan pada penulis.

Medan, 28 Juni 2022



Muhammad Ridho Ramadan

17.812.0016

## ABSTRAK

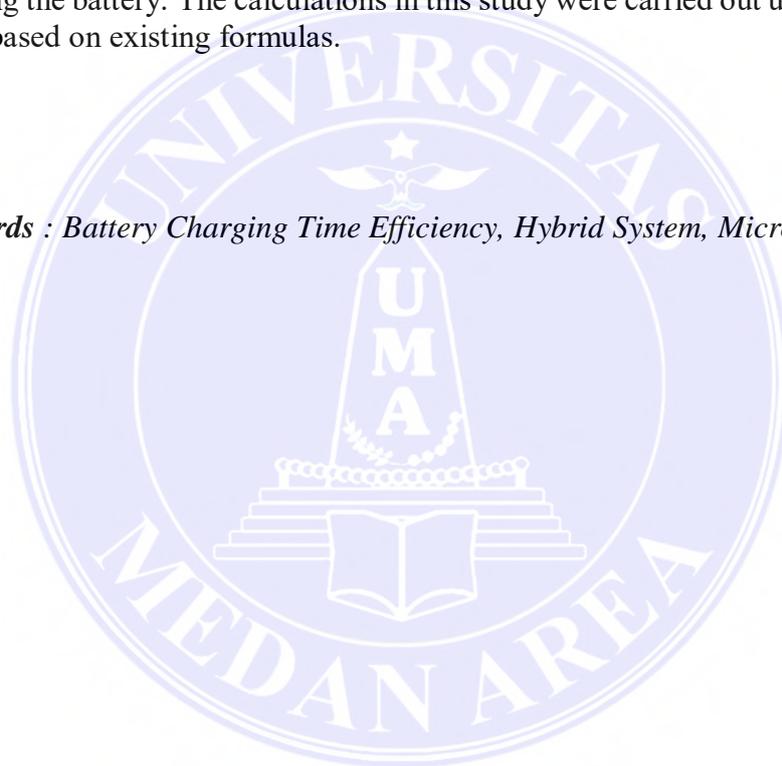
Pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar radiasi matahari untuk dapat menghasilkan daya listrik, pembangkit listrik tenaga angin merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi angin untuk memutar turbin yang dihubungkan dengan generator untuk dapat menghasilkan daya listrik, kedua pembangkit tersebut memiliki kekurangan yaitu pada pembangkit listrik tenaga surya jika kondisi cuaca mendung atau hujan maka tidak dapat menghasilkan daya listrik dengan optimal sedangkan kekurangan pada pembangkit listrik tenaga angin jika kondisi cuaca tertentu yang mengakibatkan kondisi angin kurang baik ataupun tidak ada angin maka juga tidak dapat menghasilkan daya listrik dengan optimal, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisien atau tidaknya jika kedua pembangkit tersebut digabungkan untuk melayani beban yang sama atau disebut dengan sistem hybrid. Nilai efisien yang maksud pada penelitian ini adalah nilai efisien sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin terhadap waktu pengisian baterai. Perhitungan tersebut pada penelitian ini dilakukan menggunakan Microsoft Excel berdasarkan rumus yang ada.

*Kata kunci : Efisiensi Waktu Pengisian Baterai, Microsoft Excel, Sistem Hybrid*

## ABSTRACT

A solar power plant is a power plant that utilizes solar radiation to produce electrical power, a wind power plant is a power plant that utilizes wind energy to rotate a turbine which is connected to a generator to produce electrical power, both of these plants have drawbacks, namely in the generator. solar power if the weather conditions are cloudy or rainy then it cannot produce electrical power optimally while the shortage of wind power plants if certain weather conditions result in unfavorable wind conditions or no wind then also cannot produce electricity optimally, this research This study aims to determine whether or not the two plants are combined to serve the same load or it is called a hybrid system. The efficient value in this study is the efficient value of the solar and wind hybrid system for charging the battery. The calculations in this study were carried out using Microsoft Excel based on existing formulas.

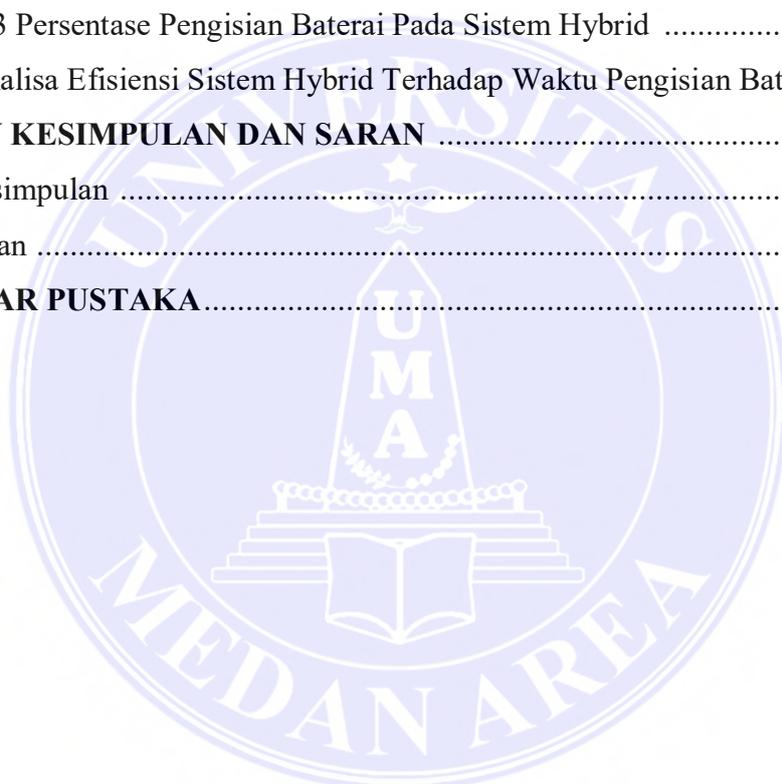
**Keywords :** *Battery Charging Time Efficiency, Hybrid System, Microsoft Excel*



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .....	4
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB) .....	8
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid .....	14
2.4. Komponen-komponen Sistem Hybrid PLTS Dan PLTB .....	16
2.5. Skema Sistem Kerja pembangkit Hybrid (Angin dan Surya).....	22
<b>BAB III. METODELOGI PENELITIAN</b> .....	25
3.1. Pendahuluan.....	25
3.2. Flow Chart Penelitian .....	25
3.3. Lokasi Dan Waktu Penelitian .....	26
3.4. Peralatan Yang Digunakan .....	26
3.5. Metode Analisa .....	26
3.6. Jadwal Kegiatan Peneltian.....	27

3.7. Spesifikasi Alat .....	28
3.8. Diagram Arus Cara Kerja Penelitian.....	30
3.9. Lampiran Tampilan Aplikasi Weather Radar.....	32
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1. Tabel Data PLTB .....	33
4.2. Tabel Data PLTS.....	36
4.3. Analisa Pengisian Baterai .....	38
4.3.1 Perhitungan Nilai Persentase Pengisian Baterai Pada PLTS .....	38
4.3.2 Perhitungan Nilai Persentase Pengisian Baterai Pada PLTB .....	40
4.3.3 Persentase Pengisian Baterai Pada Sistem Hybrid .....	42
4.4. Analisa Efisiensi Sistem Hybrid Terhadap Waktu Pengisian Baterai .....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>48</b>



## DAFTAR GAMBAR

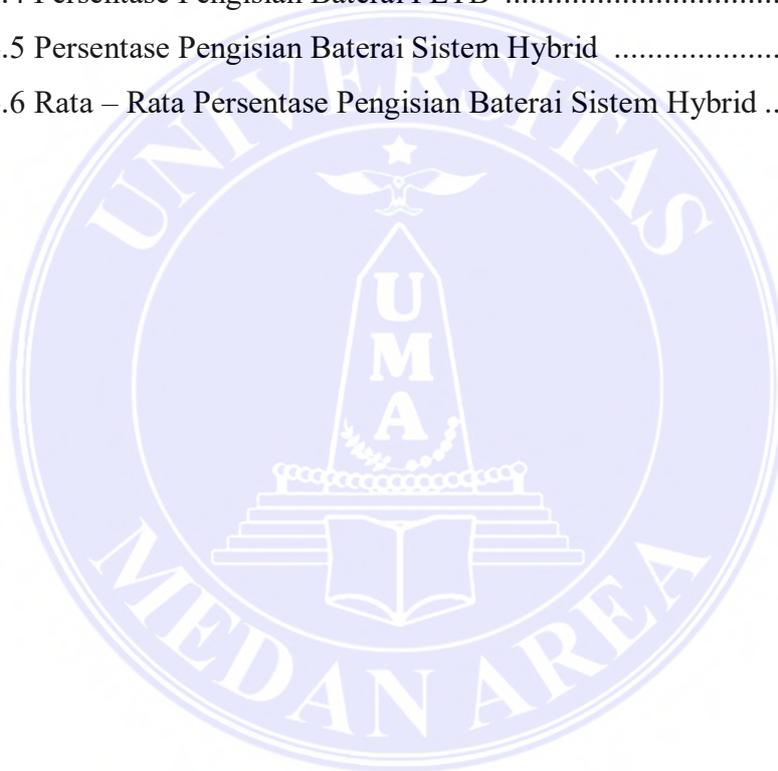
	halaman
Gambar 2.1 kurva IV sel surya .....	7
Gambar 2.2 Skema Sistem PLTS .....	8
Gambar 2.3 Skema Sistem PLTB .....	11
Gambar 2.4 Jenis – jenis turbin angin horizontal .....	13
Gambar 2.5 Jenis – jenis turbin angin vertikal .....	14
Gambar 2.6 Konfigurasi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu) .....	15
Gambar 2.7 Panel Surya Monokristal Dan Polykristal .....	17
Gambar 2.8 Struktur Dasar Panel Surya .....	17
Gambar 2.9 Struktur Wind Turbin Dan Generator .....	18
Gambar 2.10 Solar Charger Controller .....	19
Gambar 2.11 Sel Baterai .....	20
Gambar 2.12 Inverter DC To AC .....	20
Gambar 2.13 Skema Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Angin .....	21
Gambar 2.14 Skema Sistem Kerja Hybrid Pada Saat Siang Hari Kondisi Cuaca Cerah .....	23
Gambar 2.15 skema sistem kerja hybrid pada saat malam hari dan siang hari cuaca mendung .....	24
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian .....	25
Gambar 3.2 Turbin Angin Vertikal .....	28
Gambar 3.3 Panel Surya Tipe Polycrystalline .....	29
Gambar 3.4 Baterai SMT VRLA 12 Volt .....	29
Gambar 3.5 Diagram Alur Cara Kerja Penelitian .....	30
Gambar 3.6 Tampilan Aplikasi Weather Radar .....	32
Gambar 4.1 Grafik Kecepatan Angin PLTB .....	34
Gambar 4.2 Grafik Arus PLTB .....	35
Gambar 4.3 Grafik Arus PLTS .....	37
Gambar 4.4 Grafik Pengisian Baterai PLTS .....	39
Gambar 4.5 Grafik Pengisian Baterai PLTB .....	41
Gambar 4.6 Grafik Persentase Pengisian Baterai	

Sistem Hybrid PLTS Dan PLTB .....	43
Gambar 4.7 Grafik persentase pengisian baterai PLTB vs PLTS .....	44



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	27
Tabel 3.2 Data Spesifikasi Wind Turbin.....	28
Tabel 4.1 Data Kecepatan Angin, Tegangan Dan Arus PLTB .....	33
Tabel 4.2 Data Arus Dan Tegangan DC PLTS .....	36
Tabel 4.3 Persentase Pengisian Baterai PLTS .....	39
Tabel 4.4 Persentase Pengisian Baterai PLTB .....	41
Tabel 4.5 Persentase Pengisian Baterai Sistem Hybrid .....	42
Tabel 4.6 Rata – Rata Persentase Pengisian Baterai Sistem Hybrid .....	43



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan manusia sehari-hari, saat ini energi listrik adalah suatu kebutuhan yang sangat di perlukan di dalam berbagai macam aktivitas dan peralatan pada instansi seperti industry, rumah sakit, perusahaan, universitas, rumah tinggal dan sebagainya. Energi listrik di bagi dua jenis yaitu sumber energi konvensional dan non konvensional, sumber energi konvensional contohnya seperti diesel/solar, batu bara, minyak bumi dan sebagainya, namun penggunaan sumber energi konvensional ini terdapat dampak buruk yang dapat mengakibatkan rusaknya lingkungan dan menghasilkan limbah yang berdampak buruk pada kehidupan manusia, selain itu ketersediaan sumber energi konvensional ini semakin lama akan semakin menipis karena meningkatnya konsumsi energi listrik.

Oleh karena itu maka perlu adanya energi alternative yang dapat diandalkan dan tentunya tidak memiliki dampak yang buruk terhadap lingkungan, sumber energi non konvensional seperti angin dan matahari adalah salah satu sumber energi alternative yang tepat untuk dapat dijadikan sumber energi yang dapat menghasilkan energi listrik karena sumber energinya tidak akan habis dan ramah lingkungan.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi matahari untuk dapat menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga angin/bayu (PLTB) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan angin untuk memutar blade (turbin angin) yang terhubung dengan generator untuk dapat menghasilkan energi listrik, namun pada pembangkit listrik tenaga surya memiliki kelemahan yaitu tidak dapat menghasilkan energi listrik secara optimal apabila cuaca mendung, sedangkan pada pembangkit listrik tenaga angin tidak dapat menghasilkan energi listrik secara optimal apabila ada cuaca kondisi yang mengakibatkan tidak adanya

angin yang cukup untuk memutar blade ( turbin angin). Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu adanya alternative salah satunya adalah dengan menggabungkan kedua pembangkit tersebut yang di sebut dengan sistem hybrid, sistem hybrid adalah mengkombinasikan dua pembangkit atau lebih dengan sumber energi yang berbeda untuk dapat menghasilkan energi listrik dengan satu output, dengan menggabungkan dua pembangkit ini yaitu PLTS dan PLTB dengan sistem hybrid maka daya yang di hasilkan optimal karna apabila cuaca mendung dan PLTS tidak dapat menghasilkan daya yang optimal maka pembangkit listrik tetap menghasilkan daya yang cukup optimal dengan adanya pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) begitu pula sebaliknya, sehingga pembangkit ini dapat di andalkan dan dapat menghasilkan daya yang optimal untuk melayani beban.

### 1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang di rumuskan pada penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana sistem pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga angin dapat bekerja sama menghasilkan daya listrik untuk dapat melayani beban yang sama ?
2. Bagaimana kinerja pembangkit listrik tenaga surya dan angin terhadap kondisi cuaca yang berubah-ubah ?
3. Bagaimana kemampuan pengisian baterai dengan kapasitas pembangkit listrik tenaga surya dan angin yang berbeda ?
4. Bagaimana kemampuan pembangkit listrik tenaga surya dan angin dengan kapasitas yang berbeda terhadap waktu pengisian baterai ?

### 1.3. Batasan Masalah

Terkait dengan judul tugas akhir ini, permasalahan tentang “Analisis Efisiensi Energi Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Angin” dirasakan terlalu luas. Untuk menghindari terlalu luasnya masalah yang dibahas maka perlu dibatasi sesuai dengan kemampuan penulis, antara lain adalah :

1. Pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah 8 jam per-hari.
2. Kapasitas panel surya yang digunakan 1600 WP dan generator wind turbin menggunakan generator axial.
3. Kondisi cuaca disesuaikan dengan keadaan cuaca selama 6 hari pada saat pengambilan data.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini yaitu dapat menganalisa dan mengetahui efisiensi dari sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin terhadap waktu pengisian baterai.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang di harapkan dari penulisan penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Menambah pengetahuan di bidang Teknik elektro khususnya mengenai sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dan angin.
2. Mengetahui efisien atau tidaknya sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin dalam penelitian ini.
3. Sebagai referensi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dan angin.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Proses pengubahan energi foton dari radiasi matahari menjadi energi listrik dikenal sebagai pembangkit listrik tenaga surya. Sel surya mampu mengubah sinar matahari yang mengenai permukaan bumi menjadi energi listrik. Semikonduktor merupakan penyusun sel surya. DC (Direct Current ) energi listrik dihasilkan oleh sel surya dengan memanfaatkan energi matahari. Sebuah panel surya fotovoltaik atau panel surya terdiri dari beberapa sel surya karena satu sel surya menghasilkan energi listrik yang sedikit. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang berjalan dengan energi matahari. Sebuah dioda dihubungkan secara seri dengan resistansi (RS) dan sumber arus dihubungkan secara paralel membentuk rangkaian sel surya..(Harmini, Titik Nurhayati :2018)

Sel surya/solar cell terdapat beberapa jenis diantaranya yaitu :

a) Sel surya silikon monokristal

Jenis panel surya ini adalah yang paling efisien dan menghasilkan daya listrik paling banyak per satuan luas. Efisiensi monokristal bisa mencapai 15-20%, yang cukup untuk teknologi modern.

b) Sel surya silikon polykristal

Kristal silikon polikristalin kurang murni dari pada kristal monokristali, tetapi karena memiliki potongan persegi, mereka dapat diatur lebih rapat dari pada kristal monokristali, mengurangi jumlah ruang di antara sel surya. Efisiensinya berkisar antara 13 hingga 16 persen. Karena harganya lebih murah dari pada monokristal, jenis ini paling banyak digunakan saat ini..

Adapun beberapa rumus – rumus perhitungan pada pembangkit listrik tenaga surya adalah sebagai berikut :

1. Menghitung *Area Array* ( $PV_{Area}$ )

*Area array* ( $PV_{Area}$ ) diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PV_{Area} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$E_L$  = pemakaian energi (kWh/hari)

$G_{av}$  = isolasi harian matahari rata-rata (kWh/m<sup>2</sup>/hari)

$\eta_{PV}$  = efisiensi panel surya

$\eta_{out}$  = efisiensi inverter

2.  $V_{oc}$  (*open circuit voltage*)

$V_{oc}$  adalah kapasitas tegangan tertinggi yang dapat dicapai tanpa arus.  $V_{oc}$  diperoleh dari perkiraan tegangan (v) yang dibuat pada terminal positif dan negatif dari pengisi daya bertenaga sinar matahari dengan tidak mengaitkan pengisi daya berbasis sinar matahari dengan bagian yang berbeda.

3.  $I_{sc}$  (*short circuit current*)

Arus keluaran panel surya maksimum yang dapat dikeluarkan tanpa hambatan atau hubung singkat dikenal sebagai  $I_{sc}$ .  $I_{sc}$  dapat ditentukan dengan menggunakan ampere meter untuk membuat hubungan pendek pada terminal sehingga tegangannya nol,

4. *Fill factor* ( $FF$ )

Nilai faktor pengisian sebagian besar berkisar antara 0,7 - 0,85. Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai faktor pengisian panel surya. Semakin tinggi nilainya, semakin baik kinerja panel surya dan semakin tinggi efisiensinya.

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{sc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots(2.2)$$

5. Titik Daya Maksimum ( $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$  )

Panel surya menghasilkan daya maksimum pada titik operasi, yaitu perpotongan  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$ . Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan titik daya maksimum:

$$P_{mak} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \dots\dots\dots(2.3)$$

6. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan besarnya daya yang dihasilkan oleh PLTS (*Watt Peak*): Jika luas *array* sudah dihitung, maka daya yang dihasilkan oleh PLTS (*Watt Peak*) dapat ditentukan:

$$P_{watt\ peak} = Area\ array \times PSI \times \eta_{pv} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$PV_{Area}$  = Besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*)

$PSI$  = *Peak Sun Insolation* (PSI) adalah  $1000\ W/m^2$

7. Efisiensi

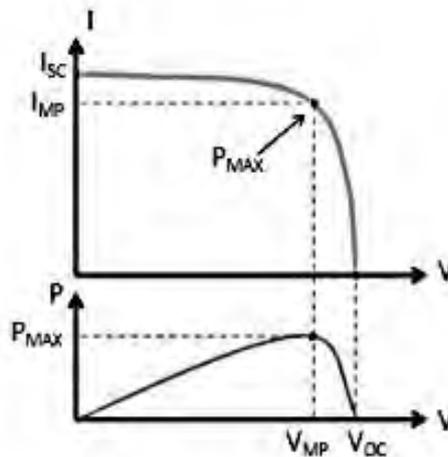
Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai efisiensi pada panel surya:

$$\eta_{plts} = \frac{p_{max}}{I \times A} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

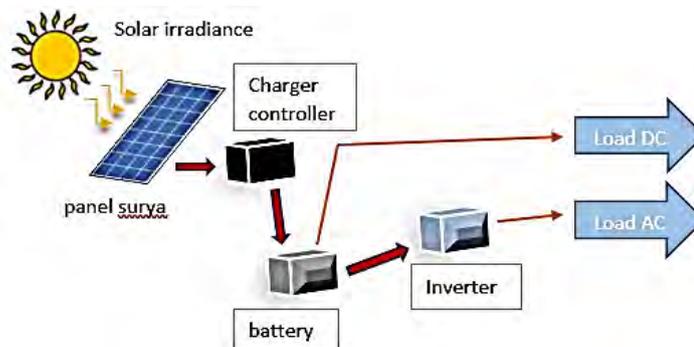
$I$  = intensitas cahaya matahari ( $1000\ W/m^2$ )

$A$  = luas area modul ( $m^2$ )



Gambar 2.1 : Kurva IV sel Surya  
 Sumber : Suryautamaputra.co.id

Gambar 2.1 menunjukkan kurva arus dan tegangan pada sel surya, dimana sumbu vertikal merupakan arus dan sumbu horizontal adalah tegangan, kurva I-V melalui dua titik yaitu titik *short circuit current* ( $I_{sc}$ ) dan titik *open circuit voltage* ( $V_{oc}$ ), *short circuit current* merupakan arus yang dihasilkan Ketika ujung positif dan negatif sel *short circuit* dan tegangan antar ujung adalah nol, sedangkan *open circuit voltage* merupakan tegangan yang melalui ujung positif dan negatif berada dibawah kondisi *open circuit* dan arus bernilai nol. Pada kurva I-V tersebut terlihat bahwa energi maksimum terjadi Ketika hasil kali arus dan tegangan bernilai maksimum, energi maksimum dihasilkan di daerah antara titik  $I_{sc}$  dan  $V_{oc}$



Gambar 2.2 : Skema Sistem PLTS

Gambar 2.2 menunjukkan skema kerja pada pembangkit listrik tenaga surya, dimana solar radiasi matahari yang diserap oleh panel surya dikonversi menjadi energi listrik, kemudian arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya melalui *charger control* yang berfungsi sebagai pengontrol arus dan tegangan pada pengisian baterai, arus dan tegangan yang keluar dari *charger control* dialirkan ke baterai fungsi baterai adalah untuk menyimpan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya adalah DC oleh sebab itu maka untuk melayani beban AC arus dan tegangan harus melalui inverter yang berfungsi merubah arus dan tegangan DC menjadi AC, sedangkan untuk beban DC dapat langsung menggunakan arus dan tegangan keluaran dari baterai.

## 2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB)

### A. Pengertian PLTB

Pembangkit listrik tenaga angin/bayu adalah sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi angin untuk memutar bagian blade, di mana energi angin di konversikan menjadi energi mekanik oleh blade kemudian dari energi mekanik di konversikan menjadi energi listrik oleh generator yang terhubung dengan blade, kemudian energi listrik yang dihasilkan dapat di manfaatkan untuk berbagai kebutuhan listrik / beban listrik.

Persamaan energi kinetik berikut, yang didasarkan pada hukum kekekalan energi, dapat dilihat dari energi kecepatan aliran angin: *Eric Hau. 2006 :82 (dalam diana hidayanti, dkk 2019).*

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$m$  = massa angin yang mengalir (Kg)

$v^2$  = kecepatan angin (m/s)

Jika sebuah blok udara bergerak dengan kecepatan  $v$  (m/s) dan memiliki luas penampang  $A$  (m<sup>2</sup>), maka massa udara yang melalui suatu lokasi adalah (S.W. Widyanto, dkk. 2018)

$$m = A \cdot v \cdot \rho \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$m$  = massa udara yang mengalir (kg)

$A$  = luas penampang (m<sup>2</sup>)

$v$  = kecepatan angin (m/s)

$\rho$  = kerapatan udara (kg/m<sup>3</sup>)

Daerah hembusan angin yang melewati turbin disebut daerah lintasan angin (A). Luas lintasan melingkar dari daerah lintasan angin (A) memiliki jari-jari yang sama dengan jari-jari rotor (R). menggambarkan luas lintasan angin (A) sebagai berikut.. (M. Rizal Fachri dan Hendrayana 2018).

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot R^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

Maka daya kinetik dapat dihitung dengan menggunakan rumus berdasarkan hukum kekekalan energi sebagai berikut : (M. Rizal Fachri dan Hendrayana 2018).

$$P_k = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot c_p \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$P_k$  = daya kinetik (W)

$\rho$  = massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = luas area lintasan angin (m<sup>2</sup>)

$v^2$  = kecepatan angin (m/s)

Nilai maksimum  $c_p$ , yang biasanya merupakan koefisien daya atau efisiensi rotor, adalah: 0,59. Karena daya aktual maksimum berbanding lurus dengan  $v^2$ , informasi kecepatan angin sangat penting untuk menentukan hasil akhir analisis daya mekanik. (M. Rizal Fachri dan Hendrayana 2018).

Tegangan yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik tenaga angin ini berupa tegangan DC, sehingga daya output dapat dihitung sebagai berikut : Eric Hau. 2006 :82 (dalam diana hidayanti, dkk 2019).

$$P_{OUT} = V_a \cdot I_a \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

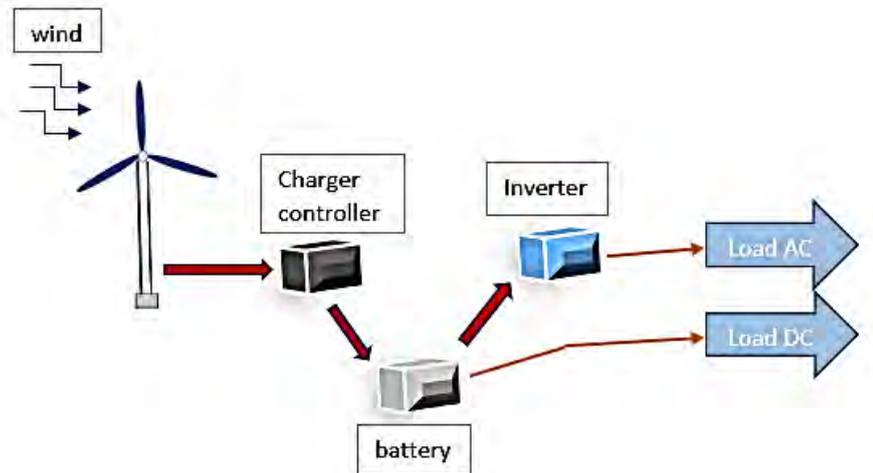
$P_{OUT}$  = daya keluaran generator DC (Watt)

$V_a$  = tegangan keluaran generator DC (V)

$I_a$  = arus keluaran generator DC (A)

Nilai efisiensi dapat di hitung berdasarkan hukum Thermodinamika II dengan rumus sebagai berikut : Eric Hau. 2006 :82 (dalam diana hidayanti, dkk 2019).

$$\eta_{PLTB} = \frac{P_{out\ angin}}{P_k} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2,10)$$



Gambar 2.3 : Skema Sistem PLTB

Pengoperasian pembangkit listrik tenaga angin digambarkan pada Gambar 2.3. Energi angin bergerak melalui bilah turbin, memutar poros yang terhubung ke generator. Generator mengubah energi mekanik turbin angin menjadi tenaga listrik. Arus dan tegangan generator kemudian melewati kontrol pengisian daya, yang mengontrol arus dan tegangan saat mengisi baterai. Baterai menerima arus dan tegangan dari kontrol charger. Arus dan tegangan generator turbin angin adalah DC, sehingga untuk melayani beban AC, arus dan tegangan harus melewati inverter yang mengubah arus dan tegangan DC menjadi AC. Beban DC dapat menggunakan arus dan tegangan keluaran baterai secara langsung. Baterai menyimpan daya listrik yang dihasilkan oleh generator turbin angin.

## B. Turbin Angin

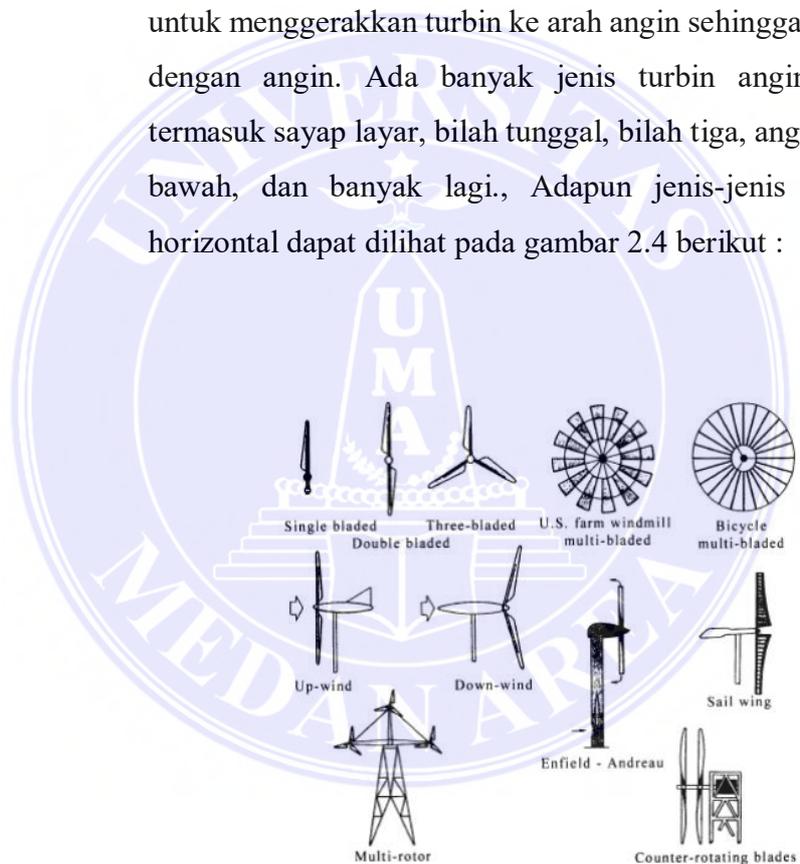
Turbin angin adalah alat yang mampu mengubah energi angin menjadi energi mekanik, putaran poros ini kemudian digunakan untuk berbagai keperluan, dalam hal ini untuk memutar generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik.

Turbin angin berdasarkan bentuk rotornya diklasifikasikan menjadi turbin angin sumbu horizontal (HAWT) dan turbin angin sumbu vertikal

(VAWT). Daryanto, 2007(dalam Yusuf Ismail Nahkoda, Choirul Saleh : 2017)

### 1. Turbin angin horizontal ( *Horizontal Axis Wind Turbine* )

Turbin angin horizontal (HAWT) memiliki sumbu utama yang sejajar dengan arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan sumbu turbin dan tegak lurus dengan putaran rotor. Karena hanya dapat menangkap satu arah angin yang sejajar dengan sumbu turbin dan memiliki desain yang lebih rumit, metode ini memerlukan panduan angin untuk menggerakkan turbin ke arah angin sehingga dapat sejajar dengan angin. Ada banyak jenis turbin angin horizontal, termasuk sayap layar, bilah tunggal, bilah tiga, angin atas, angin bawah, dan banyak lagi., Adapun jenis-jenis wind turbin horizontal dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut :

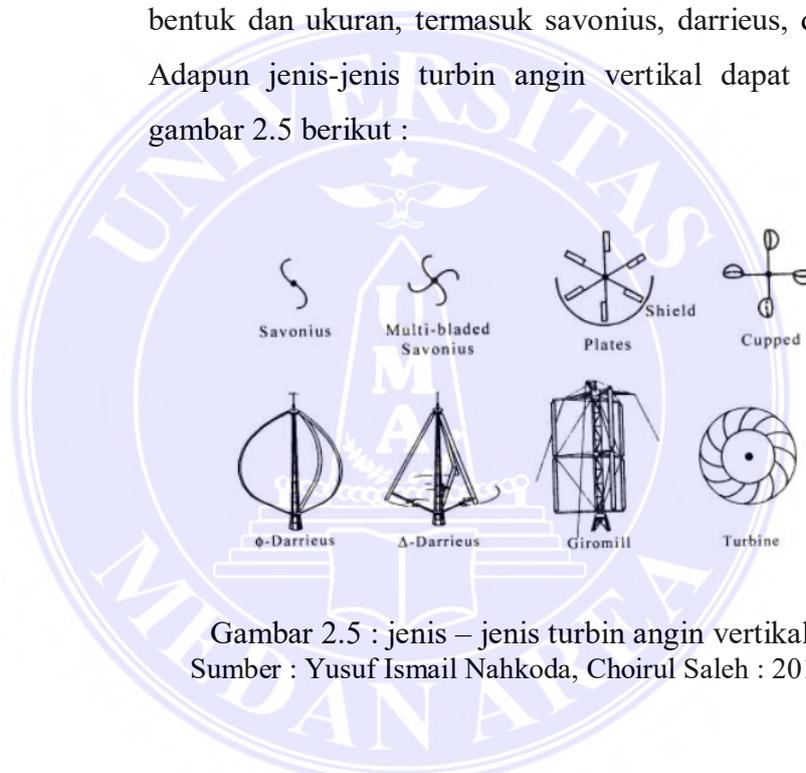


Gambar 2.4 : Jenis - jenis Turbin Angin Horizontal  
Sumber : Yusuf Ismail Nahkoda, Choirul Saleh : 2017

### 2. Turbin angin vertikal ( *Vertical Axis Wind Turbine* )

Ada tiga jenis turbin angin vertikal: Savonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin angin sumbu vertikal (VAWT) adalah turbin angin yang gerakan poros dan rotornya sejajar dengan arah angin. Hal

ini memungkinkan rotor berputar ke segala arah angin. Fakta bahwa turbin jenis ini memiliki torsi tinggi dan mampu berputar pada kecepatan angin rendah, sehingga generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin untuk memudahkan perawatan, dan operasi turbin tidak terpengaruh oleh arah angin adalah beberapa kelebihanannya. Turbin jenis ini memiliki kelemahan menghasilkan putaran rendah ketika ditempatkan di ketinggian rendah atau tanpa menara karena kecepatan angin di bawah rendah. Turbin angin vertikal tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran, termasuk savonius, darrieus, dan lainnya.. Adapun jenis-jenis turbin angin vertikal dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut :



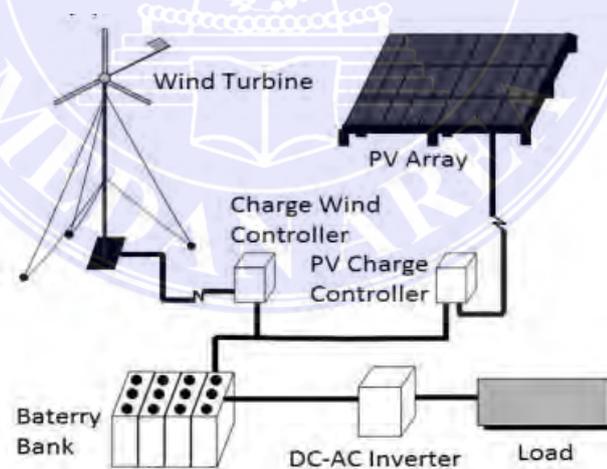
Gambar 2.5 : jenis – jenis turbin angin vertikal  
Sumber : Yusuf Ismail Nahkoda, Choirul Saleh : 2017

### 2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH)

Banyak paper atau tugas akhir yang membahas tentang analisis efisiensi sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan, seperti pada : (1) jurnal Diana hidayanti.dkk. dimana pada jurnal ini sistem hybrid menggunakan sistem penggerak otomatis pada panel surya, (2) tugas akhir Dwi laksamana putra pada jurnal ini tujuan dari penelitiannya yaitu menganalisis potensi energi angin dan matahari sebagai sumber energi pembangkit listrik hybrid tenaga surya dan angin, dan membahas tentang aspek teknis dan ekonomis sistem konfigurasi sistem pembangkit listrik hybrid surya dan angin, (3) skripsi

Hendra hardianto pradana yang membahas tentang bagaimana potensi energi terbarukan pada lokasi penelitian dan mengetahui sistem yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan listrik pada lokasi penelitian, dari beberapa jurnal dan skripsi di atas dapat disimpulkan bahwa belum ada yang membahas tentang efisiensi waktu pengisian baterai pada sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dan angin, oleh sebab itu maka penulis mengambil judul analisis efisiensi sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin dimana tujuan dan pembahasan pada skripsi ini adalah efisiensi waktu pengisian baterai pada pembangkit listrik hybrid surya dan angin.

Pembangkit listrik berbasis energi terbarukan adalah komponen pembangkit listrik hybrid yang digabungkan atau terintegrasi. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) adalah sistem pembangkit yang khas untuk PLTH. Seperti yang digambarkan pada gambar, kedua jenis generator ini beroperasi secara bersamaan dan terhubung ke satu rel atau busbar untuk membawa beban. (Teuku Syaufi Hayu , Suriadi , Ramdhan Halid Siregar : 2018)



Gambar 2.6 : Konfigurasi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu)

Sumber : Teuku Syaufi Hayu , Suriadi , Halid (2018).

Berdasarkan Hukum Kekekalan Energi, jumlah tegangan dan arus digunakan untuk menghitung daya beban, juga dikenal sebagai daya keluaran inverter sebagai berikut: *Eric Hau. 2006 :82 (dalam diana hidayanti, dkk 2019).*

$$P_{beban} = V_b \cdot I_b \cdot \cos \varphi \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

$P_{beban}$  = daya pada beban (W)

$V_b$  = tegangan beban (V)

$I_b$  = arus beban (A)

$\cos \varphi$  = faktor daya

Nilai efisiensi PLTH berikut dapat dihitung menggunakan Hukum

Kedua Termodinamika:

$$\eta_{PLTH} = \frac{P_{beban}}{P_{PLTS} + P_{PLTB}} \cdot 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

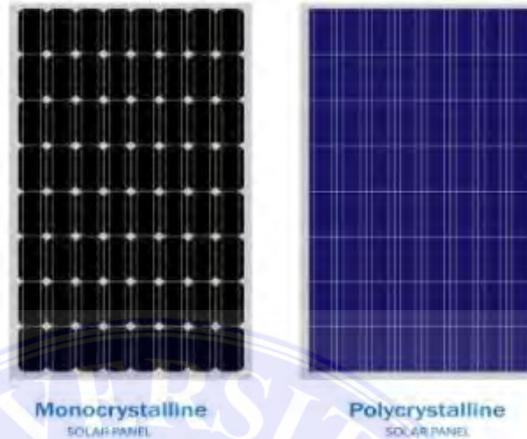
#### 2.4. Komponen - Komponen Sistem Hybrid PLTS Dan PLTB

Pada pembangkit listrik tenaga hybrid terdapat beberapa komponen yaitu : panel surya/*solar cell*, wind turbin dan generator, *PV charger controller*, *charger wind controller*, baterai, dan inverter.

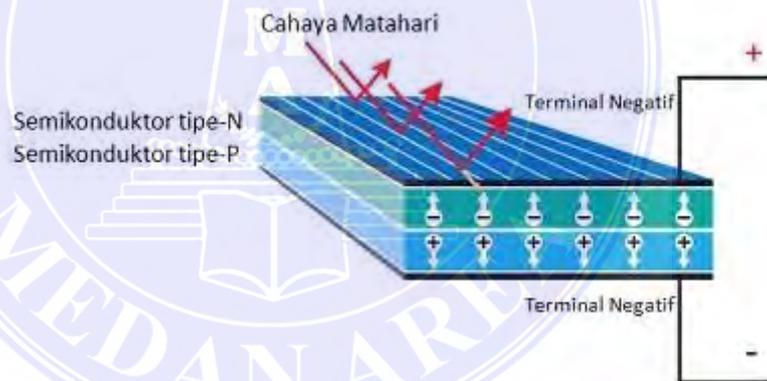
##### 1. Panel surya / *solar cell*

Panel surya adalah alat yang dapat mengubah energi cahaya dari matahari menjadi listrik. Menggunakan prinsip fotovoltaiik, panel surya dibuat dengan cara mengubah sinar matahari menjadi listrik. Sistem fotovoltaiik adalah sistem yang mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik. PV adalah singkatan umum untuk fotovoltaiik. Sebagian besar bahan baku seperti silikon, galium arsenida, telluride kadmium, atau tembaga indium deselenide digunakan dalam semikonduktor. (*Sigit Sukmajati dan Mohammad Hafidz. 2015.*)

ada beberapa jenis panel surya diantaranya adalah sel surya monokristal dan sel surya polykristal. Jenis sel surya monokristal dan polykristal dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut :



Gambar 2.7 : Panel Surya Monokristal Dan Polykristal  
Sumber : <https://www.sankelux.co.id>



Gambar 2.8 Struktur Dasar Solar Cell  
Sumber : <https://bumienergisurya.com/sel-surya-solar-cell-pengertian-dan-prinsip-kerja/>

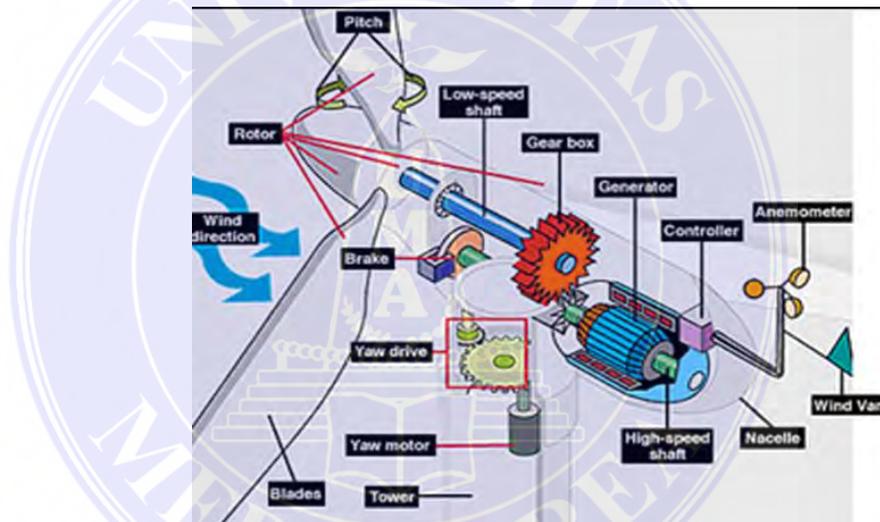
Elektron dalam sel surya akan terpisah dari struktur atomnya ketika foton partikel cahaya menabrak atom semikonduktor silikon. Di daerah pita konduksi bahan semikonduktor, elektron bermuatan negatif akan bebas bergerak.

Semikonduktor tipe-N adalah semikonduktor dengan elektron bebas yang bertindak sebagai pendonor elektron dan bersifat negatif.

Akan ada energi yang menyebabkan elektron dan “hole” bergerak berlawanan arah pada PN Junction perpotongan antara daerah positif dan negative di mana elektron akan menjauh dari daerah negatif dan hole akan menjauhi daerah positif dan menghasilkan arus listrik.

## 2. Wind turbin dan generator

Turbin angin adalah komponen pembangkit listrik tenaga angin yang mengubah energi angin menjadi energi kinetik sehingga generator yang terpasang pada turbin angin dapat memutar rotornya dan menghasilkan listrik.. Struktur wind turbin dan generator dapat dilihat pada gambar 2.9 sebagai berikut :



Gambar 2.9 : Struktur Wind Turbin Dan Generator

Sumber :

<https://reader001.dokumen.tips/reader001/html5/101022/61630ae3d38cb/61630ae8588c6.jpg>

## 3. *PV charger controller* dan *charger wind controller*

*Pv charger controller* dan *Charger Wind Controller* adalah perangkat yang mengatur arus DC yang dikirim ke baterai dari panel surya atau generator PLTB untuk mencegah pengisian dan tegangan lebih. Charger controller akan memasok baterai dengan arus ketika

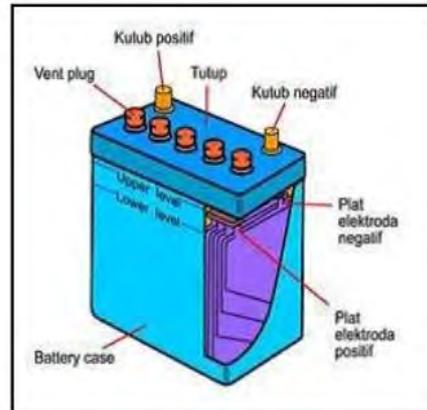
kondisi baterai kosong. Arus pengisian ke baterai secara otomatis akan terputus atau berhenti saat terisi penuh. Fungsi akan beralih ke mode operasi Beban saat baterai terisi penuh. Dalam skenario ini, listrik yang dihasilkan oleh generator PLTB dan panel surya akan langsung didistribusikan ke peralatan listrik dalam jumlah tertentu sebanding dengan konsumsi dayanya.. *PV charger controller* dan *charger wind controller* dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini :



Gambar 2.10 : *Solar Charger Controller*  
Sumber : Mhd Juanda Syafitra, 2020.

#### 4. Baterai

Baterai adalah perangkat dengan sel listrik yang memiliki kemampuan untuk menyimpan energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan daya. Listrik dihasilkan secara kimia oleh baterai. Sel listrik yang dikenal sebagai baterai atau akumulator adalah proses elektrokimia reversibel dengan efisiensi tinggi. reaksi elektrokimia adalah reaksi di mana energi kimia dapat diubah menjadi tenaga listrik (proses "pengosongan") dan energi kimia dapat diubah menjadi tenaga listrik (proses "pengisian") di baterai melalui proses regenerasi yang melibatkan elektroda yang digunakan , khususnya dengan melewatkan arus listrik melalui baterai. arah polaritas sel yang berlawanan.( *Mhd Juanda Syafitra, 2020.*).



Gambar 2.11 : Sel Baterai  
Sumber : Mhd Juanda Syafitra, 2020.

## 5. Inverter

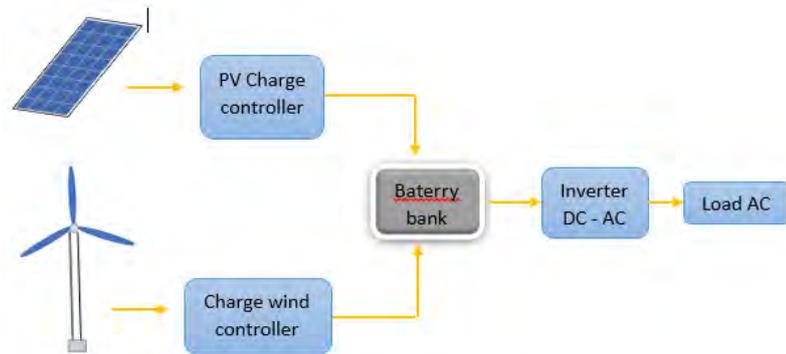
Listrik dari pembangkit listrik tenaga angin dan surya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban (AC) karena inverter yang mengubah arus searah (DC) dari baterai, panel surya, dan generator PLTB menjadi arus bolak-balik (AC) dengan frekuensi 50-60 Hz.AC.

Gambar 2.12 menggambarkan inverter DC ke AC



Gambar 2.12 : Inverter DC To AC  
Sumber : Mhd Juanda Syafitra, 2020.

## 6. Skema sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dan angin



Gambar : 2.13 Skema Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Angin

Gambar 2.13 menunjukkan skema kerja dari sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin, dimana pembangkit listrik tenaga surya menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi matahari sedangkan pembangkit listrik tenaga angin menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi angin, kedua pembangkit ini dihubungkan untuk dapat melayani beban yang sama, arus dan tegangan yang dihasilkan oleh kedua pembangkit dialirkan melewati *charger controller* yang berfungsi sebagai pengontrol pengisian baterai, kemudian arus dan tegangan yang keluar dari *charger controller* dialirkan ke baterai yang berfungsi menyimpan daya listrik DC kemudian output dari baterai dialirkan ke inverter untuk mengkonversi arus tegangan DC yang dihasilkan kedua pembangkit menjadi AC untuk dapat melayani kebutuhan beban AC.

## 2.5. Skema Sistem Kerja Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Angin

Pembangkit listrik tenaga angin dan surya tidak selalu dapat bekerja atau menghasilkan daya secara maksimal secara bersamaan ada beberapa faktor kendala yang membuat kedua pembangkit tersebut tidak dapat bekerja maksimal seperti faktor cuaca dan kendala lainnya. Berikut adalah sistem kerja hybrid pembangkit listrik tenaga surya dan angin yang dipengaruhi oleh faktor cuaca atau alam :

### A. Pada saat siang hari cuaca cerah

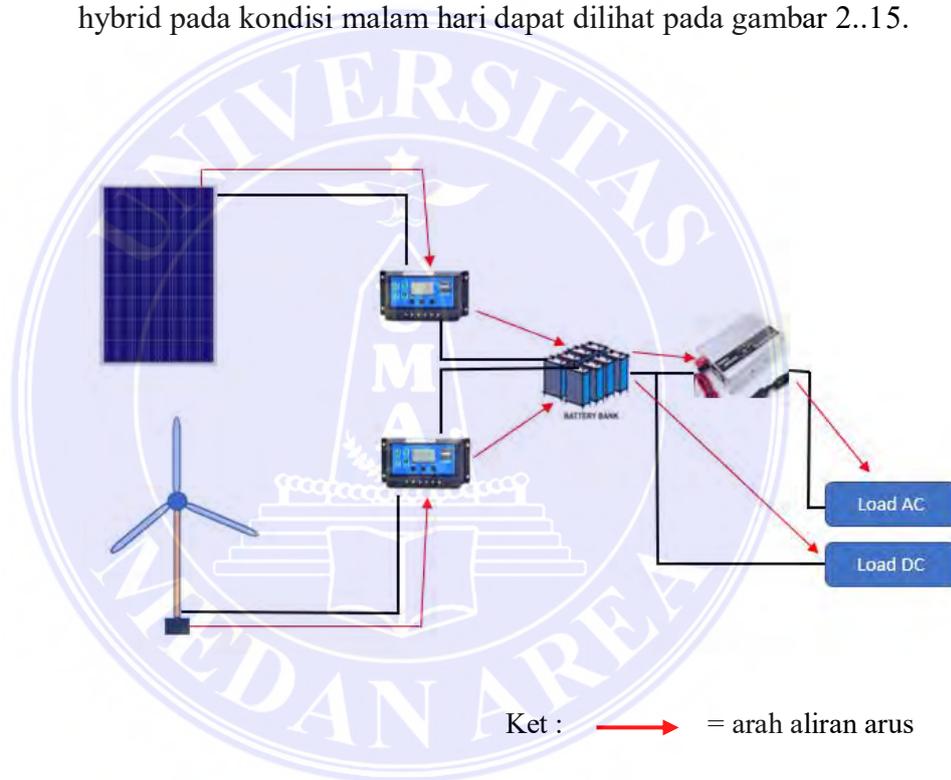
Pada saat pagi sampai sore hari dengan kondisi cuaca cerah, maka kedua pembangkit akan bekerja secara maksimal dan kedua pembangkit akan menghasilkan daya listrik secara maksimal karena panel surya akan menghasilkan daya listrik karena mendapatkan cahaya matahari secara maksimal dan wind turbin juga akan berputar dengan maksimal, pada saat kondisi cuaca seperti ini merupakan kondisi terbaik untuk pembangkit hybrid surya dan angin dapat menghasilkan daya secara maksimal. Skema sistem kerja pada kondisi cuaca pada siang hari cuaca cerah dimana kedua pembangkit dapat bekerja untuk melayani beban yang sama dapat dilihat pada gambar 2.14.

### B. Pada saat siang hari cuaca mendung

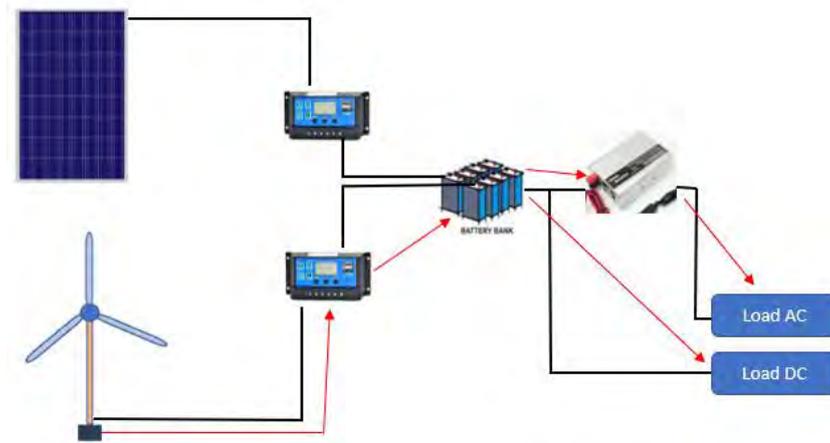
Ketika cuaca mendung pada pagi sampai sore hari maka salah satu pembangkit yaitu pembangkit tenaga surya tidak dapat bekerja secara maksimal karena tidak adanya sinar matahari pada saat ini pembangkit hybrid akan lebih didominasi dengan pembangkit tenaga angin pada saat ini tentunya daya output yang dihasilkan kurang maksimal karena hanya satu pembangkit yang dapat menyuplai daya listrik. Skema sistem kerja hybrid pada kondisi cuaca mendung dapat dilihat pada gambar 2.15.

### C. Pada saat malam hari

Saat malam hari tidak ada cahaya matahari maka panel surya tidak dapat menghasilkan daya listrik dan hanya pembangkit listrik tenaga angin yang dapat mensuply daya listrik, namun apabila pada siang harinya cuaca cerah dan baterai terisi penuh oleh kedua pembangkit maka pembangkit hybrid akan tetap menghasilkan daya yang maksimal dengan adanya daya yang tersimpan dalam baterai dengan waktu tertentu sesuai dengan kapasitas baterai. Skema sistem kerja hybrid pada kondisi malam hari dapat dilihat pada gambar 2..15.

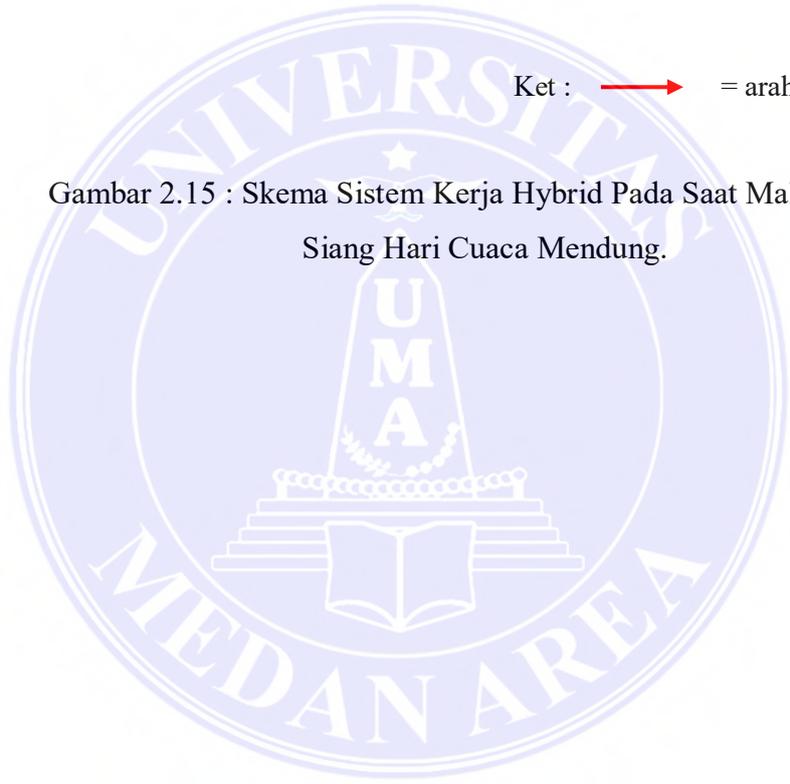


Gambar 2.14 : Skema Sistem Kerja Hybrid Pada Saat Siang Hari Kondisi Cuaca Cerah



Ket :  = arah aliran arus

Gambar 2.15 : Skema Sistem Kerja Hybrid Pada Saat Malam Hari Dan Siang Hari Cuaca Mendung.

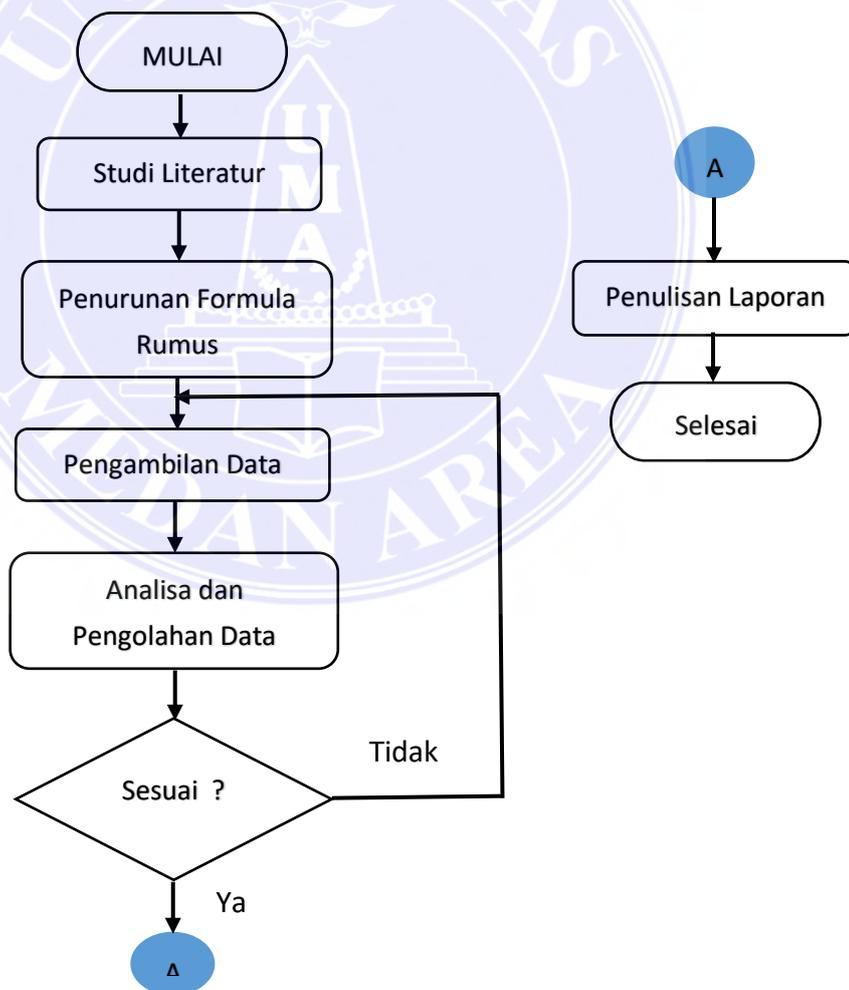


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Pendahuluan

Metode penelitian merupakan langkah – langkah sistematis atau tata cara yang di rancang dan di lakukan oleh peneliti untuk dapat menyelesaikan sebuah penelitian. Pada penelitian ini metode penelitian yang digunakan adalah melakukan perhitungan data hasil simulasi dengan menggunakan Microsoft Exel.

### 3.2. Flow Chart Penelitian



Gambar 3.1 : Diagram alur penelitian.

### 3.3. Lokasi Dan Waktu Pelaksanaan

Lokasi dan tempat penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada :

Lokasi : PT. Kolibri Indonesia

Waktu : september 2021 – januari 2022

### 3.4. Peralatan Yang Digunakan

Alat dan bahan yang digunakan dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Hardware berupa Alat ukur, adapun alat ukur yang digunakan yaitu :  
panel pada PLTS (untuk pengambilan data arus dan tegangan pada PLTS)
2. Software
  - a. Microsoft Excel
  - b. Weather Radar

### 3.5. Metode Analisa

Metode Analisa yang dilakukan dalam penelitian analisis efisiensi Energi sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Pada penelitian ini tahapan awal yang dilakukan penulis adalah studi literatur, yaitu dengan mempelajari kajian dari beberapa jurnal, karya ilmiah, buku, maupun lainnya yang bersumber dari internet yang berkaitan dengan tema atau judul penelitian, hal ini dilakukan sebagai penunjang untuk dapat mempermudah penulis dalam melakukan penelitian.

2. Studi lapangan

Studi lapangan dilakukan penulis untuk mendapatkan data – data yang diperlukan dalam penelitian ini, data yang dibutuhkan yaitu berupa data spesifikasi dari pembangkit listrik tenaga surya dan angin, data kecepatan angin, arus dan daya pada pembangkit tenaga surya, hal

ini dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan pengolahan data dan Analisa pada penelitian.

### 3. Analisa dan pengolahan data

Pada tahapan ini penulis melakukan pengolahan data yaitu berupa beberapa perhitungan yaitu perhitungan untuk mendapatkan hasil nilai efisiensi pengisian baterai system hybrid berdasarkan penurunan rumus yang telah ditentukan, dalam hal ini penulis menggunakan software Microsoft Exel untuk melakukan perhitungan data, kemudian penulis menganalisa untuk mendapatkan kesimpulan terkait efisiensi system hybrid PLTS dan PLTB

### 3.6. Jadwal Kegiatan Penelitian

Tabel 3.1 : Jadwal Kegiatan Penelitian

NO	Kegiatan															
		November				desember				Januari						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
1	Studi literatur	√	√													
2	Penurunan formula Rumus			√	√											
4	Pengambilan data					√										
5	Analisa data simulasi						√	√	√	√	√					
6	Penulisan laporan											√	√	√		

### 3.7. Spesifikasi Alat

#### 1. Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB)

Pada penelitian ini data spesifikasi wind turbin dan generator diambil berdasarkan karya ilmiah/skripsi orang lain, dimana jenis generator yang digunakan adalah generator axial dan turbin yang digunakan adalah jenis turbin angin sumbu vetikal (VAWT) tipe *savonius* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.2 : Data Spesifikasi Wind Turbin  
Sumber : Difi Nuary Nugroho, 2011

Tegangan	12 Volt
Kecepatan Angin Minimum	2 m/s
Kecepatan Angin Stabil	12 m/s
Kecepatan Angin Maksimum	50 m/s
Panjang Bilah	66,67 cm



Gambar 3.2 : Turbin Angin Vertikal

## 2. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)

Jenis panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe polycrystalline dengan kapasitas 1600 WP



Gambar 3.3 : Panel Surya Tipe Polycrystalline

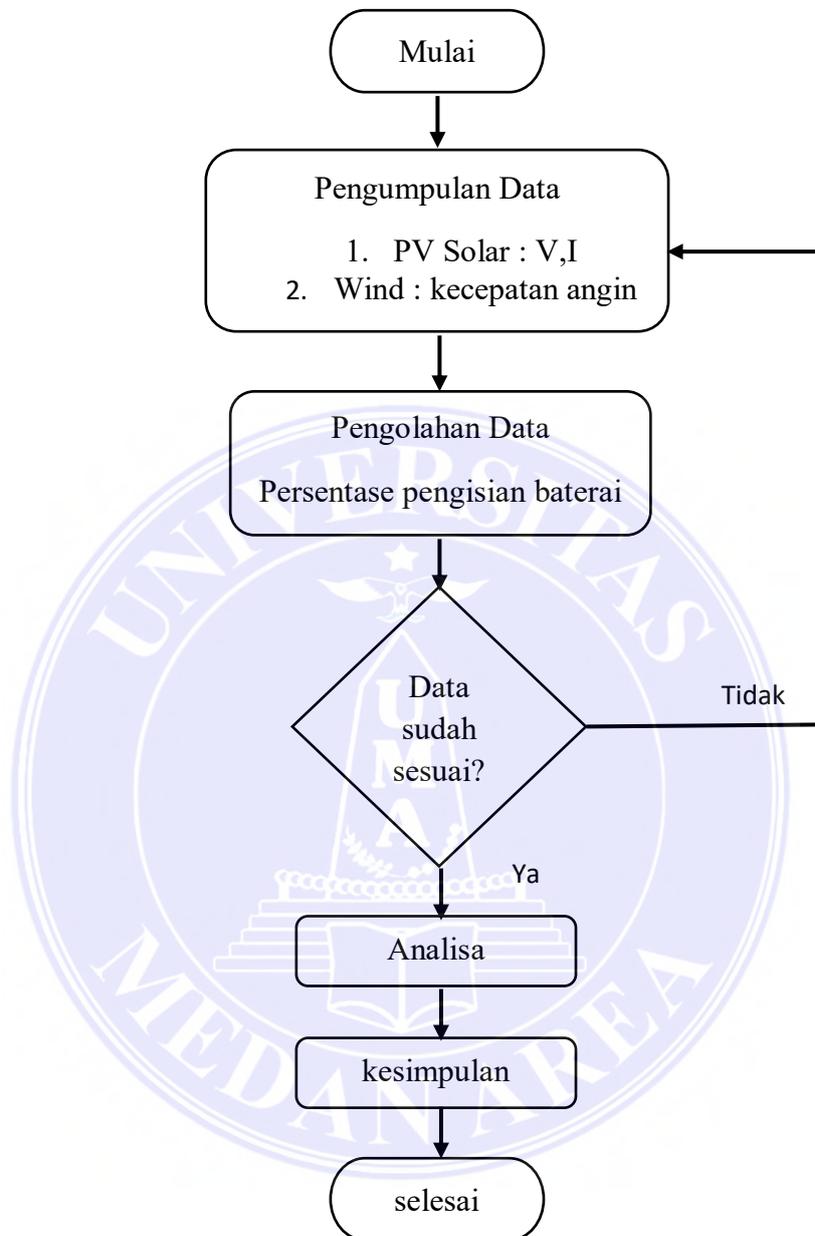
## 3. Baterai

Pada penelitian ini baterai yang digunakan adalah baterai SMT VRLA dengan kapasitas 175 Ah 12 V



Gambar 3.4 : Baterrai SMT VRLA 12 Volt 175 Ah

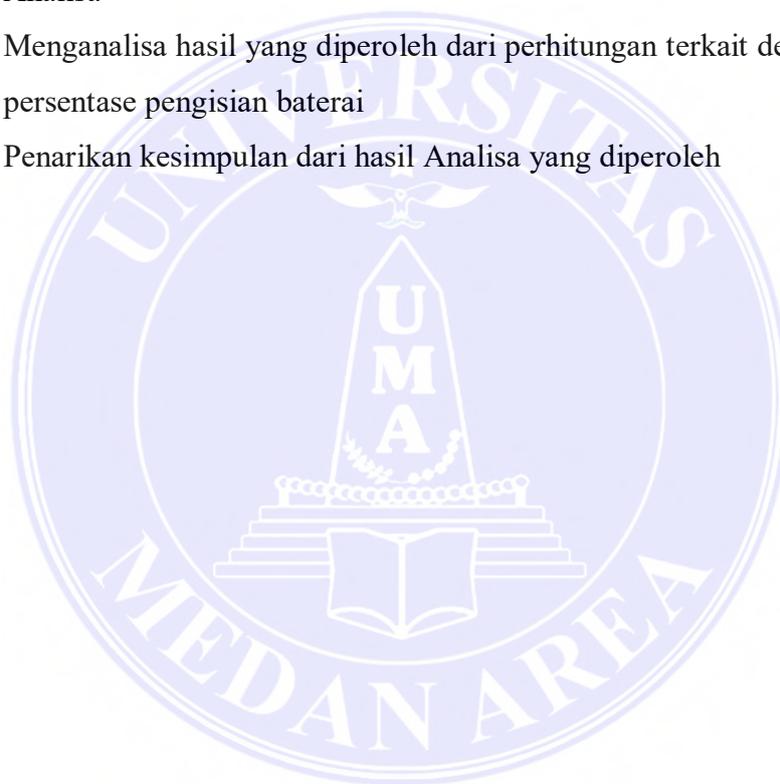
### 3.8. Diagram Alur Cara Kerja Penelitian



Gambar 3.5 : Diagram Alur Cara Kerja Penelitian

Keterangan :

1. Pengumpulan data berupa data tegangan dan arus pada panel surya, dan data kecepatan angin pada pembangkit listrik tenaga angin
2. Pengolahan data berupa penurunan rumus dan perhitungan persentase pengisian baterai pada pembangkit listrik tenaga surya, angin dan sistem hybrid
3. Data yang diperoleh sudah sesuai dengan data yang dibutuhkan untuk dapat melakukan perhitungan sesuai dengan rumus yang sudah ditentukan dan Analisa
4. Menganalisa hasil yang diperoleh dari perhitungan terkait dengan efisiensi persentase pengisian baterai
5. Penarikan kesimpulan dari hasil Analisa yang diperoleh



### 3.9. Lampiran Tampilan Pengambilan Data Kecepatan Angin Pada Aplikasi Weather Radar



Gambar 3.6 : Tampilan Aplikasi Weather Radar Untuk Pengambilan Data Kecepatan Angin

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Persentase pengisian baterai paling tinggi pada sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin adalah 20,01% dengan waktu pengisian 8 jam per-hari dan persentase rata-rata adalah 14% per-hari. Sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin membutuhkan waktu lebih dari satu minggu dengan waktu pengisian 8 jam per-hari untuk dapat mengisi baterai hingga 100% dengan kapasitas baterai 175 Ah, hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang kurang cerah dan kecepatan angin yang rendah sehingga pembangkit listrik tenaga surya dengan angin tidak dapat bekerja optimal.
2. Pada sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin dalam penelitian ini hanya satu pembangkit yang mendominasi dalam persentase pengisian baterai yaitu pembangkit listrik tenaga surya dengan rata-rata persentase pengisian baterai 14% , sedangkan pada pembangkit listrik tenaga angin persentase pengisian baterai yang dihasilkan rata-rata hanya 0,028%, sehingga dapat dikatakan bahwa pembangkit listrik tenaga angin hampir tidak berpengaruh terhadap pengisian baterai sistem hybrid, hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi angin yang kecepatannya rendah dan juga kapasitas generator pembangkit listrik tenaga angin yang kecil sehingga daya listrik yang dihasilkan kurang optimal.

## 5.2. Saran

1. Pada penelitian ini penulis menyarankan agar menggunakan pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) dengan kapasitas yang lebih besar dan menempatkan posisi pembangkit listrik tenaga angin di lokasi yang tepat dengan melihat kondisi angin yang sesuai dengan nilai kerja optimal wind turbin yang digunakan dan melihat keadaan gedung atau pepohonan disekitar lokasi pembangkit listrik tenaga angin agar angin yang akan menuju wind turbin tidak terhalang oleh gedung atau pepohonan, sehingga pembangkit listrik tenaga angin dapat bekerja optimal dan menghasilkan daya listrik yang cukup untuk dapat mendominasi persentase pengisian baterai pada sistem hybrid pembangkit listrik tenaga surya dengan angin, dengan demikian maka hasil persentase pengisian baterai pada sistem hybrid dapat lebih besar karena kedua pembangkit dapat mendominasi pengisian baterai dengan optimal

## Daftar pustaka

- Hayu, Teuku Syaufi. Dkk. 2018. Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu) di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Online Teknik Elektro*. 3(1): 9-16
- Hidayanti, Diana. Dkk. 2019. Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin Dan Surya Dengan Penggerak Otomatis Pada Panel Surya. *Jurnal Teknik Energi*. 15(3): 93-101.
- Prasetyo, Septian Dhimas. 2018. Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin Dan Sel Surya Untuk Penerangan Jalan Raya. Skripsi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Fachri, Muhamad Rizal & Hendrayana. 2017. Analisa Potensi Energi Angin Dengan Distribusi Weibull untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*. 1(1): 1-8.
- Hardiantono, Damis & Frederik Haryanto Sumbung. 2016. Rancang Bangun Unit Pembangkit Tenaga Hybrid (Angin Dan Matahari). *Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha*. 5(3): 231-245.
- Ramadhan, Dandi Widhi. Dkk. 2020. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Portable Tenaga Surya Dan Angin Dengan Sistem Hybrid Untuk Tempat Pengungsian Bencana Alam. *Jurnal Artificial Intelligence & Application*. 1(2): 085-093.
- Harmini & Titik Nurhayati. 2018. Pemodelan Sistem Pembangkit Hybrid Energi Solar Dan Angin. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*. 10(02): 28-32.
- Suriadi & mahdi syukri. 2010. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYS Pada Komplek Perumahan Di banda Aceh. *Jurnal Rekayasa Elektrika*.
- Syafitra, Muhammad Juanda. 2020. Rancang Bangun Pengisian Baterai Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Tugas Akhir Universitas Sumatera Utara.
- Sumkajati, Sigit & Mohammad hafidz. 2015. Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid Di Yogyakarta. *Jurnal Energi & Kelistrikan*.

Widyanto, S.W. dkk. 2018. Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Di Pulau Wangi -wangi. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi. Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Nakhoda, Yusuf ismail & Choirul Saleh. 2017. Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga Di Daerah Pesisir Pantai. Industri Inovatif. 7(1).

Nugroho, Difi nuary. 2011. Analisa Pengisian Baterai Pada Rancang Bangun Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Untuk Pencatuan Beban Listrik. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.



## LAMPIRAN

1. Panel Surya Polycrystalline kapasitas 1600 WP Yang Digunakan Dalam Penelitian



2. Baterai SMT VRLA Kapasitas 175 Ah 12 V Yang Digunakan Penelitian



### 3. Tampilan Montor Controller PLTS Untuk Pengambilan Data

