

**LAPORAN PENELITIAN  
REVIEW SISTEM HYBRID TENAGA MATAHARI DAN  
TENAGA ANGIN PADA BANGUNAN TINGGI**



**Disusun oleh:**

**Ketua : Ir.Edwin Kamal, S.T., M.Eng.Sc., IPM (0301057402)**  
**Anggota : Ir.Novy Hapsari, S.T.MSc (0312117803)**

**INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA  
FEBRUARI, 2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Review Sistem Hybrid Tenaga Matahari dan Tenaga Angin pada Bangunan Tinggi  
Jenis Penelitian : Studi Literatur

### Ketua Penelitian

a. Nama Lengkap : Ir. Edwin Kamal, ST. MEngSc. IPM  
b. NIDN : 0301057402  
c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
d. Program Studi : Teknik Elektro  
e. Nomor HP/Surel : 0852-18152284  
f. Bidang Keahlian : Aplikasi Mikroprosesor, robotik, *Renewable* Energi

### Anggota Peneliti

Nama : Ir Novy Hapsari, ST. MSc.  
NIDN : 0312117803  
Program Studi : Teknik Elektro

### Anggota Mahasiswa

a. Nama : Rio Dwiyanto (NRP: 1111800038)  
b. Nama : Bagas Ismoyo Eka (NRP: 1111800047)  
c. Nama : Yudha Surya Antariksa (NRP: 1112000036)  
Institusi Sumber Dana : Mandiri  
Biaya Penelitian : Rp. 10.000.000,-

Kota Tangerang Selatan, 21 Februari 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi T. Elektro



(Ir. Saharudin, ST, MEngSc, IPM)  
NIDN : 0310107702

Ketua Tim Pengusul

(Ir. Edwin Kamal, ST. MEngSc. IPM)  
NIDN : 0313049303

Menyetujui,

Kepala

Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat ITI



(Prof. Dr. Ir. Ratnawati, MEng.Sc., IPM)  
NIDN : 0301036303



# INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

Jl. Raya Puspiptek, Tangerang Selatan - 15314  
(021) 7562757

[www.iti.ac.id](http://www.iti.ac.id) [institutteknologiindonesia](https://www.instagram.com/institutteknologiindonesia) [@kampusITI](https://www.facebook.com/kampusITI) Institut Teknologi Indonesia

## SURAT TUGAS

No. : 021/ST-PLT/PRPM-PP/ITI/I/2024

Pertimbangan : Bahwa dalam rangka melaksanakan kegiatan Penelitian bagi Dosen Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Indonesia, perlu dikeluarkan surat tugas.

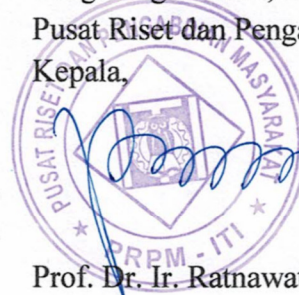
Dasar : 1. Pembebanan Tugas dosen Program Studi Teknik Elektro;  
2. Surat Permohonan Tanggal 15 Januari 2024;  
3. Kepentingan Institut Teknologi Indonesia.

## DITUGASKAN

Kepada : Dosen Program Studi Teknik Elektro – ITI (Terlampir)

Untuk : 1. Melaksanakan kegiatan Penelitian pada Semester Ganjil Tahun Akademik 2023/2024;  
2. Melaporkan hasil tugas kepada Kepala PRPM - ITI;  
3. Dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

Tangerang Selatan, 16 Januari 2024  
Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Kepala,



Prof. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng.Sc., IPM

Tembusan Yth.

1. Wakil Rektor Bid Akademik, Penelitian dan Kemahasiswaan
2. Ka. Biro SDMO
3. Ka. Prodi T.Elektro
4. Arsip



Lampiran Surat Tugas

No. 021/ST-PLT/PRPM-PP/ITI//2024

Tanggal 15 Januari 2024

DAFTAR PENELITIAN DOSEN PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK: 2023/2024

NO	TOPIK PENELITIAN	BIDANG	SUSUNAN TIM	SUMBER DANA	JUMLAH DANA (Rp)	KETERLIBATAN PRODI/INSTITUSI LAIN	KETERLIBATAN MAHASISWA
1	Analisis Tegangan Pengisi Baterai Handphone Menggunakan Metoda Buck Konverter DC-DC FC75	Engineering and Technology	Ir. Parlindungan P. Marpaung, M.T	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Duffine Bayu Al Rasyid (NRP: 111220004)
2	Review Sistem Hybrid Tenaga Matahari dan Tenaga Angin pada Bangunan Tinggi	Energi Baru dan Terbarukan	1. Ir. Edwin Kamal, S.T., M.Eng.Sc., IPM 2. Ir. Novy Hapsari, S.T., M.Sc	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	1. Rio Dwiyanto (NRP: 1111800038) 2. Bagas Ismoyo Eka (NRP: 1111800047) 3. Yudha Surya Antariksa (NRP: 1112000036)
3	Review Sistem Charging Bergerak untuk Kendaraan Listrik	Engineering and Technology	1. Ir. Edwin Kamal, S.T., M.Eng.Sc., IPM 2. Ir. Adi Setiawan, S.T., M.Eng.Sc., IPM 3. Dra. Ir. Sri Yatmani, M.Si., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	1. Anyasetya Putra P (NRP: 1112000021) 2. Muhammad Yuda Pratama (NRP: 1112000010) 3. Najib Ghulam Masykur (NRP: 1112000033)
4	Analisis Gerak Ankle Kaki Kanan Menggunakan Robot Rehabilitasi	Engineering and Technology	1. Dr. Ir Tris Dewi Indraswati, S.T., M.T 2. Ir. Ulfah Khairiyah Lutfiyani, S.T., M.Eng 3. Dra. Ir. Ratnawati, M.Si., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Abdullah Restu Wahyudi (NRP: 1112000003)
5	Pemanfaatan ESP32 pada Kontrol Jarak Jauh Inkubator Tempe berbasis IoT Skala Produksi UMKM	Engineering and Technology	1. Ir. Novy Hapsari, S.T., M.Sc 2. Ir. Tita Aisyah, M.T., IPM 3. Ir. Saharudin, S.T., M.Eng.Sc., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Mohamad Haris (NRP: 1111900036)
6	Pemanfaatan Algoritma Arima untuk Prediksi Hasil Produksi Energi Listrik di PLTA Karacak PT. Indonesia Power Saguling Pomu	Engineering and Technology	1. Ir. Saharudin, S.T., M.Eng.Sc., IPM 2. Dra. Ir. Ratnawati, M.Si., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Dinda Febriansyah (NRP: 1119000024)



Prof. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng.Sc., IPM

## DAFTAR ISI

LAPORAN PENELITIAN .....	1
REVIEW SISTEM HYBRID TENAGA MATAHARI DAN TENAGA ANGIN PADA BANGUNAN TINGGI.....	1
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
BAB 1 .....	6
PENDAHULUAN .....	6
1.1 Latar belakang.....	6
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan .....	7
BAB II.....	9
TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Energi Terbarukan.....	9
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	11
2.2.1 KOMPONEN PANEL SURYA.....	14
1.Modul Surya.....	14
2.Solar Charge Controller (SCC)/Battery Charge Controller (BCC)Dan Storage System (Battery). .....	14
3.Inverter.....	15
4. Baterai .....	16
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) .....	18
2.4 Homer Pro (Hybrid Optimazation Model for Electric Renewables).....	21
2.5 Potensi Kerapatan Daya Angin .....	22
BAB 3 .....	24
METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Lokasi.....	24
3.2 Pendekatan Sistem .....	24
3.3 Pengumpulan Data.....	25
3.4 Diagram Alir Proses Penelitian Dan Homer Pro Gambar .....	27
3.5 Pengujian Perangkat Utama Dengan Simulator .....	28
DAFTAR PUSTAKA .....	30

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Susunan Panel Surya .....	13
Gambar 2. Penambahan Elektron di tipe-N dan Lubang di Tipe-P .....	14
Gambar 3. Solar Charge Controller .....	15
Gambar 4. Inverter .....	16
Gambar 5. Apartemen Tokyo Riverside PIK 2 .....	27
Gambar 6. Flowchart.....	27
Gambar 7. Flowchart Homer Pro .....	28

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Pembangkit listrik dari energi terbarukan akhir-akhir ini mulai populer digunakan oleh masyarakat. Pemasangan solar sel atap (*rooftop*) dengan model terkoneksi dengan grid/PLN sudah umum diberbagai daerah di Indonesia. Hal ini sangat membantu sekali dalam mengurangi biaya listrik rumahan. Hal tersebut didukung dengan harga solar sel yang sudah sangat murah dan juga komponen-komponen pendukungnya. Namun akhir –akhir ini PLN sudah mulai ”keberatan” dalam pemasangan solar sel tersebut karena tipe beban khususnya di Jawa-Bali ataupun di daerah lainnya masih tipe ”beban rumah tangga”. Tipe beban rumah tangga ini memiliki karakteristik dimana beban puncaknya pada malam hari sedangkan PLTS hanya dapat menghasilkan listrik pada siang hari. Tipe beban rumah tangga tersebut memiliki beban puncak pada malam hari dimana pada waktu tersebut memang masyarakat mayoritas pulang bekerja dan mulai menyalakan peralatan-peralatan listrik. Karena itu PLN di beberapa tempat sudah menolak pemasangan baru *grid connected solar cell* sehingga.

Alternatif pembangkit energi terbarukan yang dapat menyuplai listrik secara kontiniu baik di siang hari maupun di malam hari diantaranya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB). Pada tempat-tempat yang potensi tenaga anginnya cukup baik tentu dapat dibangkitkan energi listrik secara kontiniu. Namun didaerah-daerah di indonesia umumnya tidak memiliki potensi tenaga angin yang memadai di permukaan, hal ini memang tipikal di daerah dekat dengan khatulistiwa. Akan tetapi angin kecenderungannya akan lebih kuat untuk tempat-tempat yang lebih tinggi. Memang ada beberapa opsi dalam menyerap energi dari tenaga angin di tempat-tempat yang tinggi bukan dipermukaan, yaitu antara lain dengan menggunakan tiang/tower yang tinggi, menggunakan balon udara yang mengangkat turbin serta generator dan juga dapat pula menempatkan turbin angin serta generatornya pada bangunan tinggi yang ada.

Bangunan-bangunan tinggi diberbagai tempat di indonesia sudah cukup

banyak yang dibangun. Bangunan-bangunan tinggi tersebut saat ini cukup banyak digunakan untuk tempat tinggal yang umumnya disebut apartemen. Sehingga dapat mendorong pemanfaatan energi angin di tempat-tempat tersebut. Namun pada umumnya balkon apartemen tidak begitu luas oleh karena itu harus diperhitungkan ukuran pembangkit. Dan juga pada ukuran luas yang tidak besar maka turbin angin yang dipasang tidak terlalu besar dan jika ingin mencukupi kebutuhan listrik yang ada maka dapat dilakukan sistem secara hybrid. Dengan menggabungkan dua atau lebih tipe pembangkit energi terbarukan yang terpasang maka umumnya dapat mengatasi fluktuasi energi dari pembangkit-pembangkit yang ada. Pembangkit lain yang memungkinkan diterapkan di apartemen tersebut selain tenaga angin tentu tiada lain yaitu tenaga matahari/surya.

Penelitian penerapan sistem hybrid tersebut memang sangat diperlukan oleh masyarakat agar melihat potensi penerapannya. Namun sebelum penelitiannya maka harus dipelajari dulu teori-teori serta teknik-teknik yang dapat diterapkan dalam penelitian tersebut. Oleh karena itu penulis melakukan "Review Sistem Hybrid Tenaga Matahari dan Tenaga Angin pada Bangunan Tinggi"

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam studi ialah :

1. Teori-teori pembangkit yang berkaitan dengan tenaga surya dan tenaga angin
2. Komponen-komponen pembangkit yang umum digunakan
3. Teknik dalam memperhitungkan ukuran pembangkit dalam sistem hybrid
4. Metodologi penelitian yang dapat diterapkan pada sistem hybrid ini.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan teori-teori yang berkaitan dengan sistem hybrid tenaga matahari dan tenaga angin yang berkaitan dengan penerapan



pada bangunan tinggi serta metodologi penelitian yang dapat diterapkan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Energi Terbarukan**

Energi terbarukan merupakan sebuah sumber energi yang berasal alam yang mampu digunakan dengan bebas, mampu diperbarui terus-menerus serta tak terbatas. Berikut ini pengertian energi terbarukan, lengkap dengan jenis, sumber dan manfaatnya. Tak dapat dipungkiri, setiap manusia membutuhkan sumber daya energi. Setiap aktivitas yang dilakukan pastinya membutuhkan sumber daya, baik itu terbarukan ataupun tidak. Namun, penggunaan sumber energi terlalu masif sukses membuat lingkungan alam menjadi kacau dan rusak. Akhirnya, hasil dari pembuangan sumber energi tersebut polusi yang membahayakan kesehatan. Sadar bahwa sumber energi tak terbarukan menipis, para ilmuwan dari berbagai negara pun mulai mengembangkan sumber energi terbarukan.

Energi terbarukan ini merupakan sumber energi yang berasal dari alam yang mampu dibuat kembali secara bebas, serta mampu diperbarui terus-menerus dan tak terbatas. Energi terbarukan mampu diciptakan dengan memanfaatkan perkembangan teknologi yang semakin canggih, sehingga mampu menjadi sumber energi alternatif

##### **2.1.1 Jenis-Jenis Energi Terbarukan**

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat terbarukan atau tidak akan habis digunakan. Berikut adalah definisi dari beberapa jenis energi terbarukan:

1. Tenaga Surya, jenis energi yang satu ini berasal dari proses penangkapan energi radiasi tenaga surya atau sinar matahari, kemudian mengubahnya menjadi listrik, panas, atau air panas. Untuk mendapatkan aliran listrik, panas matahari akan diserap menggunakan solar panel (panel surya) kemudian mengubahnya

menjadi tenaga listrik.

2. Energi Angin, Angin merupakan udara bergerak. Sudah sejak lama angin digunakan sebagai sumber energi. Contohnya di Belanda, angin dimanfaatkan untuk menggerakkan kincir. Kincir ini yang berfungsi sebagai sumber alat pengolah biji-bijian. Sekarang ini, listrik juga mampu menghasilkan tenaga listrik dengan memanfaatkan turbin. Turbin ini yang berguna untuk menggerakkan generator yang membangkitkan listrik.
3. Energi pasang surut, Energi ini diperoleh dari hasil pasang surut air laut. Diketahui, energi jenis ini juga dimanfaatkan di pantai timur Amerika dan Eropa. Turbin yang dipasang tepi laut membantu mengubah energi dari pasang surut air laut menjadi energi mekanik untuk menggiling gandum.
4. Energi Ombak, Energi jenis ini digunakan untuk membangkitkan listrik. Hanya saja, untuk mengembangkan energi ombak ini membutuhkan infrastruktur dengan jumlah biaya yang relatif mahal.
5. Energi panas laut, Air laut memiliki perbedaan temperatur yang mana bagian dalam air laut terasa dingin dan bagian permukaan air laut terasa panas karena terkena sinar matahari. Perbedaan temperatur ini yang dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan teknologi canggih.

### **2.1.2 Pemanfaatan energi terbarukan**

Penggunaan energi terbarukan mampu menyerap sumber daya serta investasi yang mana manfaatnya bisa dirasakan hingga di masa mendatang. Istilah energi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *energia* yang berarti aktivitas (*energos* yang berarti aktif). Energi merupakan sumber daya yang mampu memberikan daya (kekuatan) dalam berbagai proses kegiatan diantaranya bahan bakar, listrik, energi mekanik dan panas. Sumber energi dapat diperoleh dengan cara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi.

Pada saat ini energi listrik menjadi salah satu energi yang tidak dapat dilepaskan dari kehidupan sehari-hari. Namun terdapat beberapa masalah dalam penyediaan energi listrik tersebut. Kebutuhan energi listrik di Indonesia diproyeksikan meningkat sebesar 8,65% tiap tahunnya. Sedangkan sumber energi fosil seperti minyak bumi, saat ini menyumbang 87,7% dari total kebutuhan energi dunia. Dimana ketersediaan energi fosil semakin menipis dan lama kelamaan mengalami kepunahan. Dalam mengatasi kebutuhan energi listrik yang pesat tersebut pemerintah menerbitkan beberapa regulasi, seperti penerapan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam di sekitar kita, seperti contohnya adalah angin, air, geotermal, biomasa dan matahari. Berbeda dengan energi fosil yang memerlukan waktu bertahun-tahun agar terbentuk energi lagi, energi ini dapat diperbaharui dalam kurun waktu yang singkat sehingga disebut energi terbarukan.

## **2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Salah satu cara penyediaan energi listrik alternatif yang siap untuk diterapkan secara masal pada saat ini adalah menggunakan suatu sistem teknologi yang diperkenalkan sebagai Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) atau secara umum dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga surya sebagai sumber energi. PLTS terdiri dari berbagai perangkat yang di dalam kinerjanya dipengaruhi oleh kondisi sumber energi matahari/radiasi matahari. Sistem PLTS dapat dibagi berdasarkan aplikasi dan konfigurasinya. Secara umum PLTS dapat dibagi menjadi dua, yaitu sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan (on-grid PV system) dan sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan (off-grid PV system) atau PLTS yang berdiri sendiri.

Sistem On Grid (disebut juga Grid Tie/ Grid Interactive), menggunakan solar panel untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Sesuai namanya, rangkaian sistem ini tetap terhubung dengan jaringan PLN

dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi dari panel surya untuk menghasilkan energi semaksimal mungkin.

Off Grid atau disebut juga stand alone PV (photovoltaic) system pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian panel surya untuk menghasilkan energi listrik sesuai kebutuhan.

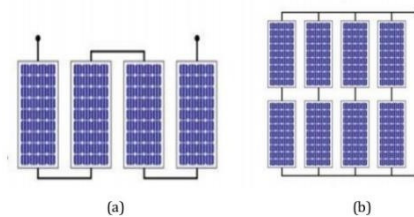
PLTS merupakan perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, bersih dan memberikan keuntungan jangka panjang, sehingga banyak yang memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi alternatif. Pemanfaatan energi surya sebagai penyediaan tenaga listrik, dapat dilakukan melalui 3 cara alternatif yaitu:

- Penyediaan listrik individual per rumah (Solar Home System)
- Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) hybrid dengan pembangkit listrik lainnya (angin dll.)
- PLTS terintegrasi dengan jaringan listrik PLN yang ada.

Dengan adanya pembangkit listrik tenaga surya, cukup banyak keuntungan yang bisa diperoleh. Keuntungan-keuntungan pembangkit dengan surya photovoltaic (PV), antara lain :

- a. Energi yang digunakan adalah energi yang tersedia secara gratis.
- b. Perawatannya murah dan sederhana.
- c. Tidak terdapat peralatan yang bergerak, sehingga tidak perlu penggantian suku cadang dan penyetelan pada pelumasan.
- d. Peralatan bekerja tanpa suara dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.
- e. Dapat bekerja secara otomatis.

Pada teknologi ini menggunakan sel surya untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Sumber energi ini memanfaatkan sinar matahari dengan mengubah radiasi sinar tersebut menjadi energi listrik melalui solar cells. Karena tegangan listrik yang dihasilkan oleh sel surya sangat kecil, photovoltaic (PV) biasanya tersusun dari rangkaian seri atau paralel beberapa sel surya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



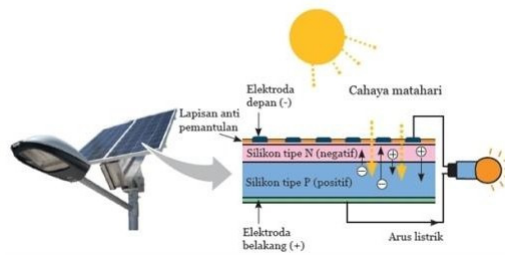
*Gambar 1. Susunan Panel Surya*

Sumber : <https://www.shutterstock.com/id/image-illustration>

Pada umumnya sebuah sel surya hanya menghasilkan tegangan yang tidak terlalu besar. Modul surya yang sering dicari adalah modul dengan tegangan keluaran  $>12\text{VDC}$  (tegangan 48 V – 120 VDC). Setiap jenis sel PV mempunyai keunikan dan karakteristik yang berbeda. Meskipun karakteristik tiap sel PV berbeda, namun sel PV terbuat dari bahan utama yang sama yaitu material semikonduktor.

Panel surya bekerja pada saat radiasi sinar matahari mengenai sel surya, foton menghantam bahan semikonduktor dan menyebabkan pergerakan elektron di sisi tipe-n dan lubang di sisi tipe-p. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya merupakan listrik Direct Current (DC), harus diubah menjadi listrik Alternating Current (AC) melalui inverter agar dapat dengan mudah digunakan ke beban. Berikut Gambar Penambahan Elektron di tipe-N dan Lubang di Tipe-P





Gambar 2. Penambahan Elektron di tipe-N dan Lubang di Tipe-P

Sumber : <https://wirahadie.com/teknologi-terinspirasi-dari-tumbuhan/amp/>

Daya yang akan dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan elektronik (Wh) dilakukan dihitung dengan cara mengalikan Watt (AC atau DC) dengan waktu (jam). Kilowatt-hours (kWh) biasanya digunakan untuk menggambarkan energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PV. Daya diukur dalam Watt (W) atau joule/sekon (J/s). Daya adalah hasil kali dari arus (I) dan tegangan (V).

## 2.2.1 KOMPONEN PANEL SURYA

### 1. Modul Surya

Sel surya pada dasarnya sebuah foto dioda yang besar dan dapat menghasilkan daya listrik. Fotovoltaik terdiri dari dua jenis bahan berbeda yang disambungkan melalui suatu bidang junction yang jika sinar jatuh pada permukaannya akan diubah menjadi listrik arus searah. Untuk mendapatkan daya yang cukup besar diperlukan banyak sel surya. Kapasitas total modul surya dapat ditentukan dengan memperhatikan beberapa faktor yaitu kebutuhan energi total, insolasi matahari, serta faktor penyesuaian (adjustment factor) sebesar 1,1. Faktor penyesuaian ini dimaksudkan untuk memperhitungkan rugi-rugi yang terdapat pada kabel, battery charging regulator, dan inverter.

### 2. Solar Charge Controller (SCC)/Battery Charge Controller (BCC) Dan Storage System (Battery).

Charge controller berfungsi memastikan agar baterai tidak mengalami kelebihan pelepasan muatan (over discharge) atau kelebihan

pengisian muatan (over charge) yang dapat mengurangi umur baterai. Charge controller mampu menjaga tegangan dan arus keluar masuk baterai sesuai kondisi baterai. Jika charge controller menghubungkan panel surya ke baterai atau peralatan lainnya seperti inverter maka disebut solar charge controller. Jika bagian ini terhubung dari inverter ke baterai lazim disebut battery charge controller, namun hal tersebut tidak baku. Walaupun kedua alat ini berfungsi sama, berbeda dengan SCC, BCC tidak dilengkapi oleh PWM-MPPT (Pulse Width Modulation-Maximum Power Point Tracking), yaitu kemampuan untuk mendapatkan daya listrik dari panel surya pada titik maksimumnya.



Gambar 3. Solar Charge Controller

Sumber : <https://www.xcluma.com/usb-solar-charge-controller-regulator->

### 3. Inverter

Inverter berfungsi mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak balik (AC). Tegangan DC dari panel surya cenderung tidak konstan sesuai dengan tingkat radiasi matahari. Tegangan masukan DC yang tidak konstan ini akan diubah oleh inverter menjadi tegangan AC yang konstan yang siap digunakan atau disambungkan pada sistem yang ada. Inverter untuk sistem On Grid (On Grid Inverter) harus memiliki kemampuan melepaskan hubungan (islanding system) saat grid kehilangan tegangan. Inverter untuk sistem PLTS hibrid harus mampu mengubah arus dari kedua arah yaitu dari DC ke AC dan sebaliknya dari AC ke DC. Oleh karena itu inverter ini lebih populer disebut bi-directional inverter. Ada inverter yang telah dilengkapi fungsi SCC dan atau BCC dan

fungsi lainnya secara terintegrasi. Alat ini lazim disebut juga PCS (Power Conditioner System) atau Power Conditioner Unit (PCU). Dibutuhkan SCC atau BCC tergantung dari kelengkapan inverter tersebut. Jika inverter telah dilengkapi dengan charge controller (SCC dan BCC) dibagian internalnya, maka charge controller eksternal sangat mungkin tidak diperlukan lagi.



*Gambar 4. Inverter*

Sumber : <https://energia-solar-solutions.com/project-energia-solar/>

#### **4. Baterai**

Mengingat PLTS sangat tergantung pada kecukupan energi matahari yang diterima panel surya, maka diperlukan media penyimpanan energi sementara bila sewaktu-waktu panel tidak mendapatkan cukup sinar matahari atau untuk penggunaan listrik malam hari. Baterai harus ada pada sistem PLTS terutama tipe Off Grid. Baterai lead acid dinilai lebih unggul dari jenis lain jika mempertimbangkan kedua aspek tersebut. Baterai lead acid untuk sistem PLTS berbeda dengan baterai lead acid untuk operasi starting mesin-mesin seperti baterai mobil. Pada PLTS, baterai yang berfungsi untuk penyimpanan (storage) juga berbeda dari baterai untuk buffer atau stabilitas. Baterai untuk pemakaian PLTS lazim dikenal dan menggunakan deep cycle lead acid, artinya muatan baterai jenis ini dapat dikeluarkan (discharge) secara terus menerus secara maksimal mencapai kapasitas nominal. Namun, pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat dapat menyebabkan umur baterai berkurang lebih cepat dari yang direncanakan, sehingga meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan.

### 2.2.2 Sudut Topologi

Sudut topologi solar sel sangat penting dalam memaksimalkan efisiensi dan kinerja sistem panel surya. Sudut kemiringan atau slope dan sudut azimuth yang tepat harus diperhatikan saat memasang solar cell. Intensitas matahari yang diterima oleh solar cell sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan. Apabila solar cell dipasang rata dan tidak ada kemiringannya, dikhawatirkan akan terjadi pengendapan debu dan kotoran yang akan mengendap saat bercampur dengan air hujan. Pengendapan ini beresiko untuk menutup permukaan dan mengurangi efektifitas solar cell. Sudut deklinasi merupakan sudut posisi matahari saat solar noon (ketika matahari berada di titik tertinggi di langit). Sudut penempatan solar cell juga harus mempertimbangkan topologi atap gedung. Beberapa aspek penting dalam topologi solar sel meliputi:

1. Sudut Azhimut, Sudut azimuth adalah sudut yang diukur searah jarum jam dari arah utara. Sudut azimuth dan elevasi diperlukan untuk membantu mengarahkan posisi antena stasiun bumi ke arah antena satelit, sehingga tidak terjadi pointing loss.
2. Sudut elevasi merupakan sudut yang dihasilkan oleh arah utara, dari titik yang dipasang antena dengan arah vertikal satelit dan antenna.

Pemahaman tentang konsep-konsep ini sangat penting dalam optimalisasi penempatan panel surya, yang mempengaruhi efisiensi penangkapan energi matahari. Dengan memahami sudut-sudut ini, kita bisa merancang sistem PLTS yang lebih efektif dan efisien.

### 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) termasuk dari salah satu Energi Baru Terbarukan (EBT) yang digunakan di Indonesia. Hembusan angin dikonverikan menjadi energi mekanis berupa putaran pada sudu turbin angin, energi mekanis ini kemudian digunakan sebagai penggerak generator. Sebagai sumber EBT, PLTB dapat menghasilkan listrik tanpa adanya emisi gas buang, hal ini tentu sangat berpengaruh terhadap lingkungan. Salah satu isu terpenting dalam pengembangan energi angin adalah pengukurannya. Metode pengukuran yang tepat harus dilakukan agar data energi angin dapat diperoleh secara valid, khususnya kecepatan angin. Ini sangat penting untuk pemilihan teknologi yang akan digunakan untuk menghasilkan energi listrik. geografi, topografi dan musim. Hasilnya, terdapat beberapa lokasi yang sangat ideal untuk pembangkit energi angin. Secara umum, kecepatan angin lebih tinggi di dekat pantai dan lepas pantai karena lebih sedikit objek seperti pohon, gunung, dan bangunan yang menghambatnya. Konversi energi angin pada PLTB memanfaatkan energi kinetik dari hembusan angin menjadi tenaga putar mekanis oleh turbin Tenaga putar mekanis tersebut digunakan untuk menggerakkan generator listrik melalui perantara poros penggerak dan gear box. Turbin angin di bagi menjadi dua yaitu

1. Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV), Turbin angin sumbu vertikal/tegak (TASV) merupakan turbin angin yang sumbu putarnya tegak lurus dengan arah aliran angin atau permukaan tanah. Turbin ini memiliki torsi tergantung ukuran. Mengakibatkan dapat berputar pada kecepatan rendah, sesuai dioperasikan pada daerah yang berkecepatan rendah-sedang. Rotor yang digunakan pada turbin angin sumbu vertikal dibagi menjadi dua bagian yaitu: savonius rotor yaitu turbin ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Darrieus rotor yaitu turbin ini memiliki efisiensi terbaik serta mampu menghasilkan torsi cukup besar pada putaran dan kecepatan angin yang tinggi. Turbin angin darrieus mengaplikasikan blade dengan bentuk dasar airfoil standar *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA). Prinsip kerja turbin angin darrieus dengan

memanfaatkan gaya lift

2. Turbin Angin sumbu Horizontal (TASH), Turbin angin sumbu horizontal merupakan turbin angin yang mempunyai sumbu putar yang terletak sejajar dengan permukaan tanah dan sumbu putar rotor yang searah dengan arah angin. Putaran rotor terjadi karena adanya gaya lift dimana rotor ini sesuai digunakan untuk tipe angin sedang dan tinggi dan banyak digunakan sebagai pembangkit listrik skala besar.

Berikut Rumus Kerapatan angin :  $\rho = (P * M) / (R * T)$ .

### **2.3.1 Komponen-Komponen PLTB**

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah fasilitas yang mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik. Komponen utama PLTB meliputi:

1. Turbin Angin, Bagian paling vital, terdiri dari bilah (blade) dan rotor. Ketika angin bertiup, bilah-bilah ini berputar dan menggerakkan rotor.
2. Nacelle, Berisi komponen mekanis penting seperti gearbox, generator, poros, dan sistem rem. Nacelle terletak di bagian atas menara dan terhubung dengan rotor.
3. Menara, Mengubah energi mekanis dari rotor menjadi energi listrik
4. Generator, Mengubah energi mekanis dari rotor menjadi energi listrik
5. Sistem Kontrol, Mengontrol operasi turbin, termasuk orientasi bilah dan nacelle untuk mengoptimalkan penangkapan angin dan menghentikan turbin di kondisi berbahaya.
6. Sistem Yaw, Sistem yaw pada turbin angin adalah



mekanisme yang memungkinkan nacelle (bagian atas turbin yang berisi komponen mekanis seperti generator dan gearbox) untuk berotasi secara horizontal. Tujuannya adalah untuk mengorientasikan bilah turbin agar selalu menghadap ke arah angin yang optimal, memaksimalkan efisiensi penangkapan energi angin.

7. Sistem Transmisi Daya, termasuk gearbox yang meningkatkan kecepatan putaran dari rotor untuk optimalisasi output generator.
8. Dasar dan Fondasi, Menyediakan dukungan stabil untuk menara dan seluruh struktur turbin.
9. Sistem Interkoneksi, Menghubungkan listrik yang dihasilkan dengan jaringan listrik atau sistem penyimpanan.

Setiap komponen yang terdapat dalam Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) memiliki peran krusial dalam menentukan seberapa efisien dan andalnya proses konversi energi kinetik angin menjadi energi listrik. Mulai dari bilah turbin yang menangkap energi angin, nacelle yang mengandung komponen mekanis vital, menara yang memberikan ketinggian yang diperlukan untuk mengoptimalkan penangkapan angin, hingga sistem yaw yang memastikan turbin selalu menghadap ke arah angin yang terbaik, setiap bagian bekerja secara sinergis. Selain itu, generator yang mengubah energi mekanis menjadi listrik, sistem transmisi yang menyalurkan energi, dan fondasi yang memberikan stabilitas, semuanya berkontribusi dalam menjaga performa PLTB agar tetap efisien dan dapat diandalkan dalam menghasilkan energi listrik yang berkelanjutan.

### **2.3.2 Prinsip Kerja PLTB**

Prinsip dasar kerja PLTB adalah dengan memanfaatkan energi kinetik angin untuk menghasilkan energi listrik. Proses ini dimulai dengan didirikannya kincir angin, yang ditempatkan di daerah berpotensi. Energi kinetik angin yang

masuk ke dalam area turbin akan membuat baling-baling atau kincir angin berputar. Pada gilirannya, energi kinetik ini diubah menjadi energi listrik melalui generator.

1. Penangkapan Energi Angin : PLTB menggunakan turbin angin untuk menangkap energi kinetik dari angin. Turbin ini biasanya dilengkapi dengan bilah-bilah atau baling-baling yang dirancang secara aerodinamis untuk memaksimalkan penangkapan energi angin.
2. Konversi Energi Mekanik ke Energi Listrik: Angin yang menggerakkan bilah-bilah turbin menyebabkan poros turbin berputar. Poros ini terhubung ke generator, yang mengubah energi mekanik dari putaran turbin menjadi energi listrik. Generator ini biasanya merupakan generator listrik tiga fase.
3. Pengaturan Sistem: PLTB dilengkapi dengan sistem pengaturan yang berfungsi untuk mengoptimalkan kinerja turbin angin. Ini mencakup pengaturan arah dan kecepatan putaran turbin untuk memaksimalkan penangkapan energi angin. Sistem pengaturan juga meliputi pengendalian keamanan untuk menjaga operasi PLTB saat kondisi angin ekstrem.
4. Penghubung ke Jaringan Listrik: Listrik yang dihasilkan oleh generator PLTB disalurkan melalui sistem transmisi dan distribusi untuk dihubungkan ke jaringan listrik. Dari sana, listrik dapat didistribusikan ke berbagai konsumen, termasuk rumah tangga, bisnis, dan industri.

#### **2.4 Homer Pro (Hybrid Optimazation Model for Electric Renewables)**

HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik stand-alone maupun grid-connected yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin, photovoltaic, mikrohidro, biomassa, generator (diesel/bensin), microturbine, fuel- cell, baterai, dan penyimpanan hidrogen, melayani beban listrik maupun termal. HOMER mensimulasikan operasi sistem dengan menyediakan perhitungan energy balance untuk setiap 8,760 jam dalam setahun.

Jika sistem mengandung baterai dan generator diesel/bensin, HOMER juga dapat memutuskan, untuk setiap jam, apakah generator diesel/bensin beroperasi dan apakah baterai diisi atau dikosongkan. Selanjutnya HOMER menentukan konfigurasi terbaik sistem dan kemudian memperkirakan biaya instalasi dan operasi sistem selama masa operasinya (life time costs) seperti biaya awal, biaya penggantian komponen-komponen, biaya O&M, biaya bahan bakar, dan lain-lain. Homer bekerja berdasarkan 3 hal, yaitu simulasi, optimasi, dan analisa sensitifitas. Ketiga hal tersebut bekerja secara beruntun dan memiliki fungsi masing- masing, sehingga didapat hasil yang optimal.

Pada tahap pertama yaitu simulasi, analisis teknis dan evaluasi biaya sistem tenaga mikro dilakukan. Setelah fase simulasi, optimasi dimulai. Di fase ini,berbagai konfigurasi sistem dimodelkan dan difaktorkan seperti komponen sistem tenaga mikro.

## **2.5 Potensi Kerapatan Daya Angin**

Kepadatan tenaga angin adalah cara yang berguna untuk mengevaluasi sumber daya angin yang tersedia di lokasi potensial.Kepadatan tenaga angin, diukur dalam watt per meter persegi, menunjukkan berapa banyak energi yang tersedia di lokasi untuk diubah oleh turbin angin . Potensi kerapatan daya angin merujuk pada jumlah energi yang tersedia dalam aliran angin di lokasi tertentu dan merupakan faktor kunci dalam penilaian kelayakan dan perencanaan proyek Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Kerapatan daya angin ini diukur dalam watt per meter persegi ( $W/m^2$ ) dan dipengaruhi oleh beberapa faktor utama:

1. Kecepatan Angin, Kecepatan angin adalah ukuran seberapa cepat udara bergerak dari satu titik ke titik lain. Ini merupakan parameter penting dalam banyak bidang, termasuk meteorologi, navigasi, penerbangan, dan energi terbarukan. Kecepatan angin menentukan kekuatan angin dan dapat memengaruhi segala hal mulai dari cuaca dan iklim hingga operasi turbin angin. Biasanya diukur dalam kilometer per jam (km/jam), meter per detik (m/s), atau mil per jam (mph), kecepatan angin menunjukkan seberapa cepat udara berpindah

secara horizontal melintasi permukaan bumi.

2. Ketinggian, kecepatan angin umumnya meningkat dengan ketinggian. Oleh karena itu, turbin angin yang lebih tinggi dapat mengakses angin dengan kerapatan daya yang lebih tinggi
3. Topografi dan Halangan, Bentuk permukaan bumi dan adanya halangan seperti bangunan atau pohon dapat mempengaruhi pola aliran angin dan kerapatan daya angin.
4. Stabilitas Atmosfer, Kondisi atmosfer seperti suhu dan tekanan juga mempengaruhi kerapatan daya angin.

Menganalisis potensi kerapatan daya angin di suatu lokasi membantu dalam memilih lokasi yang paling sesuai untuk PLTB, menentukan jenis dan ukuran turbin angin yang akan digunakan.

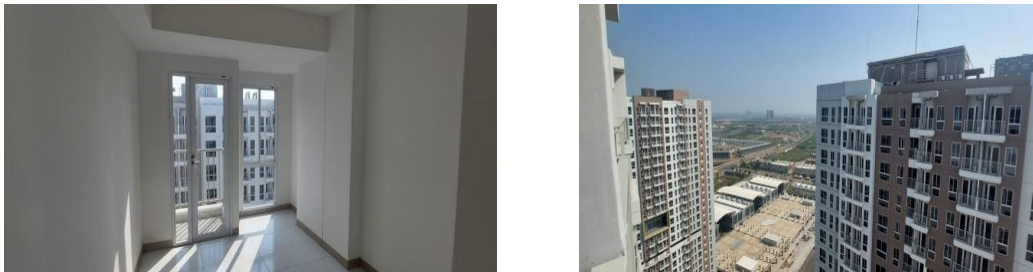
## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang metode penelitian dari perancangan dan analisis sistem HYBRID PLTS dan PLTB. Supaya data yang diperoleh bisa didapatkan dengan mudah pada penelitian ini diperlukan beberapa komponen, seperti mikrokontroler arduino, Sensor gerak pir, serta beberapa komponen pendukung lainnya. Karena tujuan dibuatnya sistem ini supaya menghasilkan sebuah sistem HYBRID yang dapat memberikan solusi efektif dan praktis untuk pengguna unit apartemen pada bangunan tinggi.

#### **3.1 Lokasi**

Rencana lokasi penelitian ini akan dilakukan pada sebuah apartemen Tokyo Riverside yang terletak dikawasan PIK 2 yang mana memiliki luas 1000 Ha dengan luastanah mencapai 160-300 meter persegi dan luas bangunan mencapai 183-374 meter persegi serta tinggi *high zone* mencapai 25-39 lantai.



*Gambar 5. Apartemen Tokyo Riverside PIK 2*

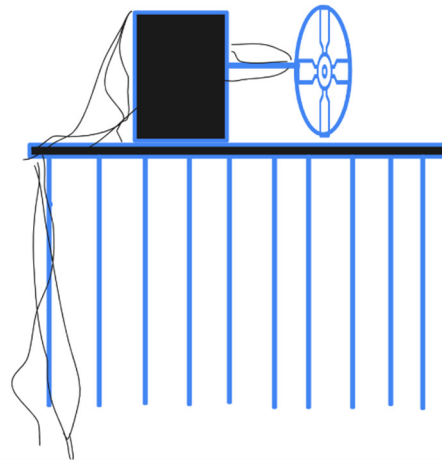
Sumber : <https://www.tokyoriverside-pik2.com/>

#### **3.2 Pendekatan Sistem**

Pada pengerjaan ini penulis melakukan serangkaian pendekatan pengumpulan dan pengkajian data pemakaian dari sumber daya listrik. Data yang dikumpulkan dalam proses ini adalah dengan melakukan hasil uji coba pada apartemen PIK 2 dengan menggunakan bantuan aplikasi homer pro.

Turbin angin pada balkon dapat menghasilkan energi terbarukan yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada ruangan tersebut. Jika balkon memiliki akses yang baik ke angin, memasang turbin angin dapat membantu memanfaatkan sumber daya alam ini tanpa memerlukan lahan yang luas.

Pemasangan turbin angin pada balkon dapat menjadi kontribusi pribadi terhadap upaya keberlanjutan dan pengurangan emisi karbon. Turbin angin cenderung memiliki kapasitas yang relatif kecil.



Pemasangan turbin angin dapat mempengaruhi estetika balkon dan bangunan. Pertimbangkan apakah ini sesuai dengan tata letak dan desain keseluruhan properti.

### **3.3 Pengumpulan Data**

Pada Tugas akhir ini teknik pengumpulan data yang digunakan untuk perencanaan dan pengelolaan mandiri yang dimana Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana cara merancang sistem hybrid tenaga surya dan angin pada gedung tinggi.

#### **a. Studi Pustaka**

Mengumpulkan informasi mengenai sistem pembangkit tenaga surya dari berbagai referensi, baik yang bersifat teori ataupun hasil penelitian yang nantinya akan digunakan untuk mendukung penulisan tugas akhir



b. Observasi Lapangan

Melakukan observasi ke Gedung tinggi secara langsung guna memperoleh pemahaman yang realistis dan memperoleh data daya listrik yang akurat untuk dianalisa.

c. Diskusi

Melakukan konsultasi serta diskusi dengan pembimbing maupun narasumber bidang terkait mengenai data serta teori yang kurang dimengerti untuk memperkuat dan menambah pemahaman penulis.

d. Analisis Data

Melakukan perhitungan dan merencanakan dari data yang telah didapatkan dilapangan secara manual sehingga diperoleh parameter yang ingin diketahui.

### 3.4 Diagram Alir Proses Penelitian Dan Homer Pro Gambar

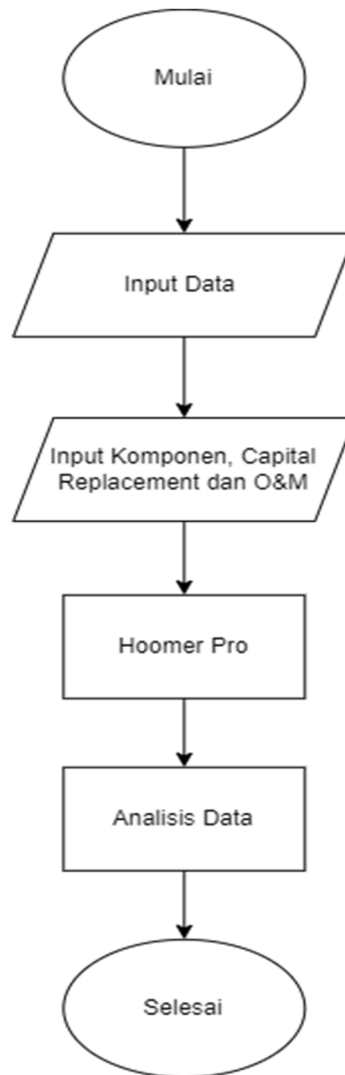


*Gambar 6. Flowchart*

Dari gambar diatas menjelaskan proses menyelesaikan penelitian dari awal hingga akhir. Yang dimana proses awalnya studi penelitian dan studi observasi sebagai penunjang penyelesaian tugas akhir ini serta mencari data-data yang diperlukan. Adapun data-data yang diperlukan pada penelitian ini, yaitu:

1. Data penempatan panel surya
2. Kecepatan dan kerapatan daya angin
3. Pemakaian daya energi listrik
4. Analisis kerja dari homer Pro

Setelah data-data yang diperlukan diperoleh akan diolah menggunakan homer pro agar dapat diproses kemudian di analisa untuk mempredisikan energi yang dibutuhkan. Tahap terakhir ialah pembahasan dan kesimpulan dari hasil data-data yang didapatkan tersebut.



*Gambar 7. Flowchart Homer Pro*

### **3.5 Pengujian Perangkat Utama Dengan Simulator**

Untuk Laboratorium Teknik Elektro ITI, pengujian perangkat utama dilakukan dengan menggunakan simulator terowongan angin. Simulasi ini memungkinkan para mahasiswa dan peneliti untuk menguji kinerja perangkat elektronik tanpa harus mengimplementasikannya secara fisik. Keberadaan fasilitas layanan pengujian komponen sistem fotovoltaik, terutama pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) BRIN, menambah dimensi penting dalam eksplorasi teknologi energi terbarukan. Pengujian ini membantu memvalidasi kehandalan komponen-komponen fotovoltaik, sehingga dapat dipastikan bahwa PLTS dapat beroperasi secara efisien dan berkelanjutan

Fasilitas layanan pengujian komponen sistem fotovoltaik BRIN menjadi pusat penelitian yang strategis. Di sini, eksperimen dan analisis mendalam dilakukan untuk mengevaluasi kinerja panel surya, inverter, dan komponen-komponen lainnya dalam sistem PLTS. Pengembangan teknologi energi terbarukan semakin didorong melalui pemahaman yang mendalam terhadap karakteristik dan interaksi komponen-komponen ini. Dengan fasilitas ini, Lab Pengujian berperan penting dalam menghasilkan inovasi dan peningkatan kinerja sistem fotovoltaik yang mendukung visi keberlanjutan energi di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- one, u. (2023, october 16). *Integrating Renewable Energy Technologies in High-Rise Building Design*. Retrieved from utilitiesone.com: <https://utilitiesone.com/integrating-renewable-energy-technologies-in-high-rise-building-design>
- Hardi, W., & Hartono, R. (2022). Pengaruh Sudut Pengarah Angin pada Turbin Angin Sumbu Vertikal terhadap Unjuk Kerja Turbin. *DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin*, 7(2).
- Suwarti, S., Mulyono, M., & Prasetyo, B. (2017). Pembuatan Monitoring Kecepatan Angin Dan Arah Angin Menggunakan Mikrokontroler Arduino. In *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10-14.
- Djuandi, F. (2011). Pengenalan arduino. *E-book*. [www.tobuku.com](http://www.tobuku.com), 24.
- Sigalingging, A. D., Hutabarat, R. A., Ibrahim, H., Fajri, N., Idris, M., & Janifar, A. (2023). APLIKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU MENGGUNAKAN SMART AUTO CHANGE DAN MONITORING INTERNET OF THINGS BERBASIS ARDUINO. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2), 28-34.
- Admin. (2021, November 3). Energi Terbarukan: Pengertian, Jenis, Sumber dan Manfaatnya. Retrieved from <https://manajemen.uma.ac.id>: <https://manajemen.uma.ac.id/2021/11/energi-terbarukan-pengertian-jenis-sumber-dan-manfaatnya/>