

## **Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Surya-Bayu Sebagai Media Pembelajaran**

*Zuraidah Tharo<sup>\*1</sup>, Siti Anisah<sup>2</sup>, Fatur Rahman<sup>3</sup>*

*<sup>1,2,3</sup> Program studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi*

\*Correspondence Author :: [zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id)

### **Abstrak**

Semakin berkurangnya persediaan bahan baku utama dalam pembangkitan listrik fosil yaitu Minyak Bumi, Gas, dan Batubara memberikan dampak yang cukup besar kepada Pembangkit Listrik Konvensional yang saat ini sedang berjalan seperti PLTU dan PLTG. Dengan berkembangnya perekonomian dan teknologi, maka kebutuhan tenaga listrik semakin tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan Energi Listrik perlu adanya inovasi dengan memanfaatkan Sumber Daya Alam yang biasa disebut dengan Sumber Energi Baru Terbarukan (EBT). Saat ini EBT sudah banyak digunakan baik itu untuk sekali besar ataupun kecil. Pemanfaatan aliran-aliran sungai, cahaya matahari, angin dan panas bumi sudah mulai dikembangkan. Tetapi Pembangkit Listrik dengan sumber EBT masih belum mampu sepenuhnya menjadi sumber utama, hal ini disebabkan sumber EBT tergantung pada kondisi alam (cuaca), sehingga untuk memenuhi kebutuhan listrik sebagai sumber utama maka dibuatlah sistem hybrid yaitu sistem yang memanfaatkan dua atau lebih sumber pembangkit yang digunakan secara bersamaan. Dalam hal ini dibuatlah sebuah rancangan sistem pembangkit hybrid antara matahari (Surya) dan Angin (Bayu) dalam skala kecil, tujuan agar dijadikan sebagai pembelajaran bagi peserta didik sehingga timbul keinginan untuk mengembangkan Pembangkit Listrik EBT.

**Kata Kunci:** Energi Baru Terbarukan, Pembangkit\_Hybrid, Inovasi\_Pembangkit

### **Abstract**

*Abstract berbahasa inggris ditulis miring. The decreasing supply of main raw materials in fossil electricity generation, namely Oil, Gas, and Coal, has a significant impact on the currently operating Conventional Power Plants such as Steam Power Plants (PLTU) and Gas Power Plants (PLTG). With the development of the economy and technology, the demand for electric power is increasing. To meet the need for Electrical Energy, there is a need for innovation by utilizing Natural Resources commonly referred to as New Renewable Energy Sources (EBT). Currently, EBT is widely used for both large and small scales. The utilization of river flows, sunlight, wind, and geothermal energy has begun to be developed. However, Power Plants with*

*EBT sources are still not fully capable of becoming the main source, as EBT sources depend on natural conditions (weather). Therefore, to meet electricity needs as the main source, a hybrid system is created, which is a system that utilizes two or more power sources simultaneously. In this case, a design of a small-scale hybrid power system between solar (Surya) and wind (Bayu) is made, with the aim of serving as a learning tool for students to inspire them to develop EBT Power Plants.*

*Keywords: Renewable\_Energy, Hybrid\_Power\_Generation, Power\_Generation\_Innovation*

## **Pendahuluan**

Kebutuhan energi yang semakin meningkat, mendorong Pemerintah terus berupaya melaksanakan percepatan pengembangan energi terbarukan di Indonesia terutama untuk mencapai target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [1] dari bauran energi final sesuai dengan kebijakan energi nasional (Peraturan Pemerintah No.79 tahun 2014 ). [2] Pemanfaatan sumber energi terbarukan memiliki peran aktif dalam menjawab permasalahan energi di masa yang akan datang. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari alam yang bersifat ramah lingkungan dan tidak akan habis seperti matahari, angin, air dan biomas. [3]

Energi Surya adalah sumber energi yang ramah lingkungan dan ketersediaannya tidak akan pernah habis. Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang perkembangannya cukup pesat didunia termasuk di Indonesia. Posisi Indonesia sebagai negara beriklim tropis yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun merupakan anugrah yang harus dioptimalkan. [4] Energi Bayu merupakan sumber energi terbarukan dan sangat potensial. Energi angin dianggap sebagai salah satu sumber energi paling praktis dan sempurna karena bebas emisi dan gratis. [5] Pemanfaatan musim sangat membantu dalam menghasilkan kombinasi energi angin dan matahari, kombinasi ini disebut tenaga hybrid, [6] yang mana pada saat musim musim kemarau matahari akan lebih berperan, sedangkan pada musim hujan angin akan lebih berperan dalam menghasilkan sumber energi listrik. Kedua sumber energi ini bertujuan untuk saling melengkapi dalam optimalisasi energi listrik yang dihasilkan [7]. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) merupakan pembangkit listrik yang terdiri dari dua atau lebih pembangkit dengan sumber energi yang berbeda. Misalnya seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dipadu dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) atau disebut *Hybrid PV-Bayu*. [8] Dalam penelitian ini membahas bagaimana merancang sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid antara Surya dan Bayu dalam skala kecil sebagai bahan percobaan pada pembelajaran. Dengan menggunakan metode perancangan dan perhitungan untuk menghasilkan energi listrik.

## **1. Energi Surya**

Energi Surya merupakan sumber EBT yang paling sering digunakan dan dikembangkan baik oleh pemerintah Indonesia maupun dunia.[9] Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki potensi Energi Surya yang cukup besar. Energi Surya tidak menimbulkan polusi, tidak dapat habis, dan tidak perlu membeli dalam penggunaannya.[10] Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki potensi energi surya yang tinggi. Berdasarkan data, radiasi matahari di Indonesia dapat diklasifikasikan sebagai berikut: di Wilayah Indonesia Bagian Barat (KBI) sekitar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/hari dan di Wilayah Indonesia Timur (KTI) sekitar 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Dengan demikian, potensi radiasi matahari di Indonesia rata-rata sebesar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari.[1] Dengan melimpahnya energi matahari, pengembangan pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber listrik yang bebas polusi dan alami menjadi pilihan yang tepat untuk diterapkan di Indonesia.[11]

## **2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**

Pembangkit listrik tenaga surya atau sering disebut solar cell adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Konversi ini dilakukan pada panel surya yang terdiri dari sel-sel surya photovoltaic. Sel-sel ini merupakan lapisan-lapisan dari silikon (Si) murni atau bahan semikonduktor lainnya yang diproses sedemikian rupa, sehingga apabila bahan tersebut mendapat energi foton akan mengeksitasi elektron dari ikatan atomnya menjadi elektron yang bergerak bebas, dan akan menghasilkan tegangan listrik arus searah (DC). Konsep dasar pembangkit listrik tenaga surya adalah mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Sel surya telah banyak digunakan untuk menyuplai listrik ke satelit komunikasi menggunakan sumber daya alam matahari. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas yang diambil langsung dari matahari, dan dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik kecil dan besar, baik secara mandiri maupun secara hybrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain), dan dapat digunakan dengan baik metode Desentralisasi (satu rumah, satu pembangkit listrik) maupun metode Sentralisasi (listrik disalurkan melalui jaringan kabel).[12]

## **3. Energi Angin (Bayu)**

Angin adalah udara yang bergerak dari daerah yang bertekanan udara lebih tinggi ke tempat yang tekanan udaranya lebih rendah. Di tempat yang panas, tekanan udaranya lebih rendah karena di daerah itu ia memuai dan menjadi lebih ringan. Udara ringan bergerak ke atas menuju daerah yang lebih dingin sehingga udara akan menjadi dingin dan berubah menjadi berat kembali, kemudian udara dingin akan bersirkulasi ke bawah, akibatnya terjadi sirkulasi udara dan pergerakan udara disebut energi angin.[12]

Indonesia memiliki potensi brilian dalam mengembangkan energi terbarukan, seperti dari energi angin 950 megawatt, energi surya 11 gigawatt, energi air 75 gigawatt, energi biomassa 32 megawatt, energi biofuel 32 megawatt, potensi energi laut 60 megawatt dan sekitar 29 gigawatt energi gas potensial.[13] Tenaga angin adalah sumber utama sumber daya yang ramah lingkungan dan telah menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang paling banyak digunakan saat ini dan gratis. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia dengan peraturan dan kebijakan yang terkait dengan energi terbarukan merupakan pertanda baik bagi pengembangan dan penggunaan energi angin di Indonesia.[2]

Pada saat angin bertiup, angin disertai dengan energi kinetik (gerakan) yang bisa melakukan suatu pekerjaan. Energi kinetik adalah energi akibat sebuah massa mempunyai kecepatan relatif, contohnya sebuah mobil yang bergerak atau roda daya yang berputar. Energi angin akibat dari pergerakan angin dapat dikonversikan menjadi energi mekanik dengan menggunakan kincir angin atau menjadi energi elektrik dengan menggunakan turbin angin yang disebut juga Sistem Konversi Energi Angin (SKEA).[14]

Saat angin bertiup, angin disertai dengan energi kinetik (gerakan) yang dapat melakukan suatu dorongan. Energi kinetik adalah daya yang disebabkan oleh massa yang memiliki kecepatan relatif, misalnya kendaraan yang bergerak atau roda energi yang berputar. Energi angin sebagai hasil dari gerakan angin dapat dikonversikan menjadi energi mekanik dengan menggunakan kincir angin atau menjadi tenaga listrik dengan bantuan penggunaan turbin angin yang juga dikenal dengan Sistem Konversi Energi Angin (SKEA).[14]

Besarnya energi yang dapat ditransferkan ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area dan kecepatan angin. Energi kinetik untuk suatu massa angin  $m$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  yang nantinya akan diubah menjadi energi poros dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E=1/2 (mv)^2$$

Dimana:

$m$  = massa udara yang bergerak (Kg)

$v$  = kecepatan angin (m/s)

#### **4. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)**

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi angin menjadi energi listrik. Angin merupakan udara yang bergerak, sehingga memiliki kecepatan, kekuatan dan arah.[12] Penyebab dari pergerakan ini adalah pemanasan bumi melalui radiasi matahari. Pembangkit listrik tenaga angin mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik dengan bantuan turbin dan diubah lagi menjadi energi listrik dengan bantuan generator dengan memanfaatkan kecepatan angin yang menggerakkan turbin.[8]

PLTB memiliki dua komponen utama yaitu, turbin angin dan generator. Turbin angin digunakan untuk mengubah energi angin menjadi energi mekanik berupa putaran rotor untuk memutar

generator. Pada saat yang sama, generator akan bertindak sebagai mesin untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Kinerja keseluruhan sistem PLTB ini merupakan salah satu sistem yang dipengaruhi oleh faktor efisiensi generator.[10]

## 5. Turbin Angin

Turbin angin merupakan bagian dari sistem PLTB yang mengubah energi angin menjadi energi mekanik. Perubahan energi ini terjadi karena bentuk turbin seperti baling-baling. Turbin angin dapat berputar ketika angin bergerak ke area turbin sebagai pendorong turbin. Putaran dari baling baling tersebut dimanfaatkan untuk memutar rotor pada generator.[10] Berdasarkan putaran rotornya, turbin angin terbagi menjadi dua jenis, yaitu turbin angin horizontal dan turbin angin vertikal. Turbin angin horizontal memiliki arah putaran rotor yang sejajar dengan arah angin yang masuk, sedangkan turbin angin vertikal memiliki rotor yang berlawanan dengan arah angin. Prinsip gaya pada sumbu horizontal adalah gaya angkat (lift) dan gaya dorong (drag), sedangkan pada sumbu vertikal hanya ada gaya dorong (drag) saja.

### a. Turbin Angin Horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbin/HAWT*)

Turbin angin sumbu horizontal adalah turbin angin yang paling sering digunakan saat ini, pada turbin sumbu tipe ini memiliki sumbu horizontal yang dihubungkan dengan rotor dan generator di puncak menara. Turbin sumbu horizontal akan berputar ketika angin mengenai turbin sumbu dari depan, dan turbin sumbu ini dilengkapi dengan turbin sumbu ekor yang mampu membantu generator bergerak untuk menyesuaikan arah angin yang bertiup dengan kecepatan yang paling tinggi. Tipe turbin sumbu horizontal ini membutuhkan menara yang tinggi untuk mendapatkan kecepatan angin yang optimal. Turbin angin sumbu horizontal memiliki kelebihan, yaitu:

- 1) Dasar menara yang tinggi memungkinkan angin yang masuk mempunyai kecepatan yang lebih baik.
- 2) Efisiensinya yang lebih tinggi, karena sudu (*blades*) selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin, menerima daya sepanjang putaran.

Sedangkan kekurangan dari turbin angin sumbu horizontal ini adalah :

- a) Konstruksi menara harus kokoh untuk menyangga beban blade, generator, dan gearbox yang berat.
- b) saat pemasangan turbin angin sumbu horizontal, komponen seperti blade, gearbox, dan generator harus diangkat ke posisi diatas sehingga membuat pemasangan menjadi sulit.

- c) Ukuran turbin angin sumbu horizontal cenderung tinggi sehingga mengganggu pandangan dan estetika secara umum.
- d) Memerlukan mekanisme kontrol lebih lanjut untuk mengarahkan blade turbin ke arah angin.[15]

b. Turbin Angin Vertikal (*Vertical Axis Wind Turbin/VAWT*)

Turbin angin sumbu vertikal adalah turbin angin dengan sumbu rotor dipasang tegak lurus, sumbu vertikal pada rotor utama akan memungkinkan turbin sumbu menerima dan menangkap angin dari segala arah angin. Keunggulan turbin sumbu vertikal akan berguna pada daerah yang memiliki kondisi angin yang sering berubah sehingga lebih efisien dalam memanfaatkan energi angin dan sangat cocok untuk pembangunan pembangkit listrik di daerah pesisir. Pada turbin sumbu vertikal konstruksi tower tidak diperlukan karena generator dapat diletakkan lebih dekat dengan permukaan tanah dan lebih mudah dalam hal perawatan. Turbin angin sumbu vertikal memiliki kelebihan, yaitu :

- 1) Tidak memerlukan mekanisme sistem *yaw*, karena kincir angin sumbu vertikal dapat berputar tanpa harus diarahkan ke dalam jalur angin bertiup
- 2) Turbin angin sumbu vertikal dapat ditempatkan dekat dengan permukaan tanah, sehingga lebih mudah dalam proses perawatan dan diperbaiki.
- 3) Turbin angin sumbu vertikal memiliki tip speed ratio yang lebih rendah (perbandingan antara kecepatan putaran dari ujung sudu dan laju aliran angin) dibandingkan dengan turbin angin sumbu horizontal, sehingga peluang kerusakan lebih kecil dibandingkan dengan turbin angin horizontal.
- 4) Turbin angin sumbu vertikal dapat ditempatkan di lokasi di mana sistem tinggi dilarang karena tidak lagi memerlukan menara penyangga yang tinggi.

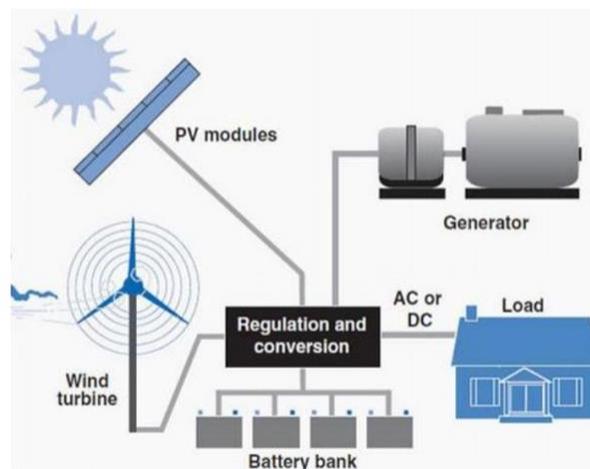
Turbin angin sumbu vertikal juga memiliki kekurangan yaitu:

- a) Turbin angin sumbu vertikal memiliki efisiensi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan turbin angin sumbu horizontal, terutama karena hambatan tambahan seperti angin yang menabrak bagian belakang blade turbin.
- b) Memiliki posisi dekat dengan tanah sehingga tidak lagi memanfaatkan kecepatan angin yang tinggi di atas. (10 meter di atas permukaan tanah kenaikan kecepatan angin diatur 20%).

- c) Turbin angin sumbu vertikal memiliki torsi awal yang rendah, sehingga membutuhkan dorongan eksternal untuk mulai beroperasi.[15]

## 6. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH)

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid merupakan gabungan atau integrasi antara beberapa jenis pembangkit listrik yaitu pembangkit listrik berbasis Energi Terbarukan.[4] Tujuan pengembangan teknologi hybrid ini diantaranya untuk mendapatkan daya guna optimal dengan memadukan kelebihan-kelebihan dari dua atau lebih jenis sistem pembangkit tenaga yang bekerja secara terpadu sebagai suatu sistem yang kompak.[16] Sistem-sistem yang mendukung Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid adalah sistem sel surya, sistem konversi energi, sistem baterai, sistem inverter, dan sistem kontrol.



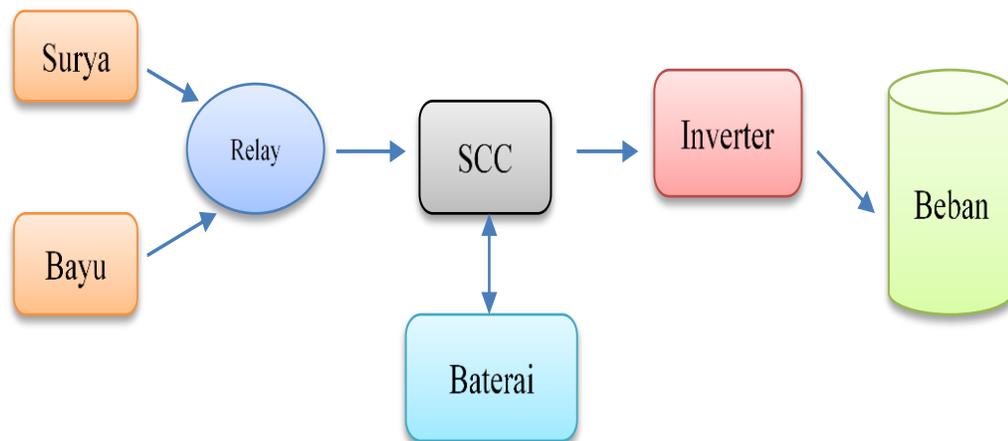
**Gambar 1.** Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH)

Hibrida kedua pembangkit ini merupakan suatu kombinasi yang baik dimana dua pembangkit tersebut sama - sama bersifat intermiten.[5] Definisi dari pembangkit yang bersifat intermiten adalah pembangkit yang mempunyai sifat berselang – seling antara iya dan tidak dalam mensuplai daya listrik, mengingat sumbernya adalah angin yang tidak selalu konstan kecepatannya untuk PLTB dan cahaya yang hanya ada di siang hari untuk PLTS. Oleh karena itu diperlukannya sebuah baterai untuk menangkap daya yang disalurkan oleh kedua pembangkit intermiten ini dan kontroller untuk daya masukan dari panel surya dan turbin angin.

## 7. Prinsip kerja PLTH

Pada saat matahari sedang bersinar cerah, sel surya akan menyerap cahaya matahari untuk dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip photovoltaic effect. Begitu juga dengan turbin angin, saat angin bertiup kencang dan memutar baling-baling (sudu) maka turbin akan menggerakkan poros yang dihubungkan dengan gearbox dan juga yang bekerja untuk

menaikkan kecepatan rotasi putaran generatornya sehingga berubah menjadi energi listrik. Sebelum memasuki SCC (Solar Charge Control), tegangan yang dihasilkan oleh 2 sumber tenaga tadi akan dibaca oleh Relay Change yang telah disetting untuk mengambil tegangan maksimum sebesar 12 Volt DC yang selanjutnya akan ditransferkan ke SCC, bila tegangan sel surya lebih besar dari bayu maka relay akan mengambil tegangan Sel Surya untuk mengisi daya baterai dan begitu juga sebaliknya, jika tegangan dari bayu lebih besar maka tegangan ini yang akan digunakan dalam pengisian baterai. Selanjutnya Baterai akan menyuplaikan dayanya ke beban AC dan DC.



**Gambar 2.** Blok Diagram Sistem

## Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode disain (rancangan) dan analisis, yaitu perancangan sebuah PLTH yang memanfaatkan Surya dan Bayu sebagai sumber tenaga listriknya. Kemudian objek diuji dan diteliti. Hasil pengujian dianalisis hingga diperoleh data dan spesifikasi alat yang dirancang. Adapun bahan dan peralatan yang digunakan antara lain:

- a. Panel Surya 100 Wp
- b. Turbin Angin
- c. Generator DC 12 V
- d. Solar Charge Controller 12 V
- e. Inverter 500 W
- f. Baterai 12 V 26 AH
- g. Bola Lampu
- h. Charger Handpone
- i. Anemometer
- j. Luxmeter

- k. Multitester
- l. Obeng
- m. Tang

Penelitian berlokasi di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi dengan tahapan penelitian sebagai berikut:



**Gambar 3.** Tahapan penelitian

Adapun parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah:

- a. Besar daya yang dihasilkan dari PLTH
- b. Waktu operasi PLTH saat tidak berbeban
- c. Waktu operasi PLTH saat diberi beban
- d. Lama pengisian baterai pada PLTH

Teknik pengumpulan data dengan melakukan beberapa percobaan dan pengujian pada PLTH tanpa beban dan saat berbeban. Dengan metode Analisis Penelitian Kuantitatif, dimana data-data yang diperoleh berdasarkan dari pengukuran dan percobaan-percobaan yang dilakukan, dan bertujuan untuk mengembangkan model-model matematis yang berkaitan dengan fenomena alam.

**Hasil dan Pembahasan**

Dari penelitian ini diperoleh hasil untuk pengukuran intensitas cahaya matahari sebagaimana terlihat pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari

Waktu (Wib)	Pengukuran Intensitas Cahaya (Lumen)			Rata-Rata (Lumen)
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	
11.00	7217	5240	4332	5596

12.00	8097	5259	4898	6084
13.00	7399	5206	4140	5581
14.00	6606	5163	4023	5264

Dari Tabel 1 terlihat intensitas cahaya matahari dengan rata-rata paling tinggi terdapat pada pukul 12.00 siang sebesar 6084 dan yang rata-rata terendah pada pukul 14.00 sebesar 5246. Pada saat Hari 3 Pengambilan data, juga terlihat intensitas cahaya matahari pada saat itu yang paling rendah daripada Hari 1 dan Hari 2 dikarenakan diwaktu itu sinar matahari tertutupi oleh awan. Selanjutnya melakukan pengukuran tegangan pada Panel Surya, dan hasilnya terlihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 2.** Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya

Waktu (Wib)	Intensitas Cahaya Matahari (Lumen)	Tegangan (Volt)	
		Tanpa Beban	Berbeban
11.00	5596	18,02	14,28
12.00	6084	19,08	15,31
13.00	5581	18,67	14,37
14.00	5264	18,42	13,85

Pengukuran tanpa beban dilakukan saat tegangan yang dikeluarkan Panel Surya belum diteruskan ke baterai, sedangkan posisi pengukuran berbeban terjadi saat tegangan yang dikeluarkan oleh Panel Surya diteruskan ke Baterai melalui SCC (Solar Charger Control). Pengukuran dilanjutkan dengan melakukan pengujian turbin angin dan pengaruh kecepatan angin, dan datanya seperti tertera dalam tabel berikut:

**Tabel 3.** Pengukuran Tegangan Pada Turbin Angin

No	Kecepatan Angin (meter/detik)	Tegangan (Volt)	
		Tanpa Beban	Berbeban
1	3,7	2,42	2,13
2	4,1	2,85	2,82
3	4,5	13,24	12,72

Dalam pengujian / pengukuran kecepatan angin, menggunakan sumber tenaga angin (bayu) dari sebuah kipas listrik yang dihadapkan langsung ke Turbin Angin dengan 3 Speed dimana kecepatan angin pada Speed 1 sebesar 3,7 m/s, Speed 2 sebesar 4,1 m/s, Speed 3 sebesar 4,5 m/s. Ketika Speed 1 dan 2 dinyalakan, maka posisi tegangan tanpa beban sebesar 2,42 V dan 2,85 V, sedangkan saat dinyalakan pada Speed 3 maka posisi tegangan tanpa beban yang

dikeluarkan oleh Turbin Angin sebesar 13,24 V. Pada saat posisi berbeban tegangan yang muncul pada Speed 1 dan 2 adalah sebesar 2,13 V dan 2,42 V, sedangkan posisi berbeban pada Speed 3 tegangannya adalah 12,72 V.

Pengukuran selanjutnya adalah dengan melakukan pengujian tegangan pada Baterai dan hubungannya dengan tegangan yang ada pada Panel Surya. Dan hasilnya terlihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.** Pengukuran Tegangan pada Baterai

Waktu (Wib)	Kondisi Cuaca	Tegangan 1 (Volt)	Arus 1 (Amper)	Tegangan 2 (Volt)	Arus 2 (Amper)
11.00	Cerah	14,02	2,98	13,39	2,28
12.00	Cerah	14,38	3,64	13,62	2,44
13.00	Mendung	13,84	2,05	12,48	1,88
14.00	Mendung	13,48	1,68	12,07	0,97

Keterangan: Tegangan 1 = Tegangan pada panel surya  
 Arus 1 = Arus pada panel surya  
 Tegangan 2 = Tegangan pada baterai  
 Arus 2 = Arus pada baterai

Jika diambil rata-rata Tegangan dan Arus pada Panel Surya dan pada Baterai maka diperoleh harga sebagai berikut:

Tegangan rata-rata pada panel Surya =  $(14,02+14,38+13,84+13,48)/4 = 13,93$  Volt

Arus rata-rata pada Panel Surya =  $(2,98+3,64+2,05+1,68)/4 = 2,59$  Amper

Maka Daya pada Panel Surya sebesar  $P=V.I$  yaitu:

$P= V_{rata-rata} (I_{rata-rata})$

= 13,93 (2,59)

= **36,07 Watt**

Sedangkan Tegangan rata-rata pada Baterai =  $(13,39+13,62+12,48+12,07)/4 = 12,89$  Volt

Arus rata-rata pada Baterai =  $(2,28+2,44+1,88+0,97)/4 = 1,89$  Amper

Maka daya pada Baterai sebesar  $P=V.I$  yaitu:

$P = 12,89 (1,89)$

= **24,36 Watt**



**Gambar 4.** Rancangan PLTH Sebagai Media Pembelajaran

### **Kesimpulan**

Dari Perancangan ini diperoleh suatu ilmu pengetahuan dan teknologi tentang pemanfaatan Energi Baru Terbarukan, dimana untuk pemanfaatan cahaya matahari dan kecepatan angin menjadi tenaga listrik dibutuhkan media sebagai alat konversi.

Panel Surya sebagai alat konversi tenaga cahaya menjadi tenaga listrik, sedangkan turbin angin sebagai konversi tenaga gerak menjadi tenaga listrik. Besarnya tenaga listrik yang dihasilkan tergantung dari besar alat konversi dan baterai sebagai media penyimpan daya.

Perancangan PLTH ini membuktikan bahwa kemampuan suplay tenaga listrik dengan menggunakan dua sumber energi terbarukan (surya-bayu) lebih bertahan lama dibandingkan dengan satu sumber saja, karena pengisian baterai dapat dilakukan pada siang dan malam hari.

### **Ucapan Terima Kasih**

Alhamdulillah wa syukurillah atas kesempatan yang telah diberikan Allah SWT dalam menyelesaikan penelitian dan tulisan ini. Dalam kesempatan ini tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Rektor dan Ketua Pusat Riset dan Pengembangan serta Dekan Fakultas Sains dan Teknologi dan Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi yang telah mempercayakan dan memberikan dana bantuan penelitian untuk pengembangan pembelajaran Bidang Energi Baru dan Terbarukan. Terima kasih juga kepada panitia Seminar Nasional Sinergi Multi Disiplin Sosial Humaniora dan Sains Teknologi yang telah memberikan kesempatan untuk mendesiminasikan hasil penelitian ini. Semoga apa yang kita lakukan menjadi amal zariah dihadapan Allah SWT.

## Daftar Pustaka

- [1] S. J. Dewan, E. Nasional, and D. Siswanto, *BAURAN ENERGI NASIONAL 2020 PENANGGUNG JAWAB PEER REVIEWER*.
- [2] ESDM, “Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Thn 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT. PLN (Persero),” p. 18, 2018.
- [3] Z. Tharo, *Sumber Energi Hybrid Matahari dan Angin di Kabupaten Samosir*. PolmedPress, 2022.
- [4] Z. Tharo and M. Andriana, “PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID TENAGA SURYA DAN ANGIN SEBAGAI SUMBER ALTERNATIF MENGHADAPI KRISIS ENERGI FOSIL DI SUMATERA,” 2022.
- [5] G. Angga Setia, N. Winanti, F. Haz, and H. Rusiana Iskandar, “Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Solar Cell dan Wind Turbine) untuk Beban Perumahan,” 2021.
- [6] S. Anisah, R. Fitri, A. Kenedy Butar Butar, and Z. Tharo, “STUDY OF THE POTENTIAL OF NEW RENEWABLE ENERGY GENERATION (HIBRYD SOLAR AND WIND) AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE.”
- [7] Z. Tharo, “KOMBINASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN ANGIN UNTUK MEWUJUDKAN ENERGI MURAH DAN RAMAH LINGKUNGAN,” vol. 12, no. 2, 2019.
- [8] F. HADIATNA, D. FAUZIAH, and E. SYAHIRAH, “Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Surya Bayu di Kota Bandung,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 11, no. 3, p. 811, Jul. 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11i3.811.
- [9] M. A. Muliawan, B. Winardi, and B. Setiyono, “Analisis Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di SMA Negeri 4 Semarang dengan Aplikasi Homer,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 4, pp. 497–502, 2020, doi: 10.14710/transient.v9i4.497-502.
- [10] D. Hidayanti and G. Dewangga, “Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya,” *Eksergi*, vol. 15, no. 3, p. 93, 2020, doi: 10.32497/eksergi.v15i3.1784.
- [11] H. Hamdani, Z. Tharo, and S. Anisah, “Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan dengan Daerah Pesisir,” *Pros. Semin. Nas. Tek. UISU*, vol. 2, no. 1, pp. 190–195, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/semnastek/article/view/1311>
- [12] R. Arindya, *Energi Terbarukan*, Pertama. Yogyakarta: TEKNOSAIN, 2018.
- [13] Agus Cahyono Adi, “Pemerintah Kejar Target Tingkatkan Bauran EBT,” *Kementrian*

*Energi dan Sumber Daya Mineral*, 2024. [https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemerintah-kejar-tingkatkan-bauran-ebt#:~:text=Prosentase energi baru terbarukan \(EBT,ditetapkan sebesar 17%2C87%25](https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemerintah-kejar-tingkatkan-bauran-ebt#:~:text=Prosentase energi baru terbarukan (EBT,ditetapkan sebesar 17%2C87%25) (accessed Mar. 20, 2024).

- [14] M. G. Fathurrachman, N. Busaeri, and N. Hiron, “ANALISIS INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID DI WILAYAH DAERAH PANTAI TASIKMALAYA SELATAN MENGGUNAKAN APLIKASI HOMER,” 2022.
- [15] D. Ayu Kartika Sari, O. Sistem Pembangkit Listrik, F. Danang Wijaya, and H. Rois Ali, “Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di Pulau Enggano,” 2022.
- [16] A. Suprajitno, S. B. Utomo, D. D. Nugroho, and J. T. Elektro, “CYCLOTRON : Jurnal Teknik Elektro Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Energi Angin dan Surya Melalui Sistem Battery Charging Switching,” vol. 5.