

Perencanaan Dan Analisis Pembangkit Listrik Hybrid PLTS 4x50 Wp dan PLTB Tipe *Darrieus* Kapasitas 100 Watt

Mohamad Arya Iga Wardana*^{a)}, Mohammad Noor Hidayat^{a)}, Rhezal Agung Ananto^{a)}

(Artikel diterima: Juni 2022, direvisi: Juni 2022)

Abstract : *In this era energy resources are the main issues that are developing today, this is due to energy needs, offset by population growth and economic growth in Indonesia which is increasing, wind energy and solar energy are renewable energy sources that come from the process of natural that the possibility of the energy will never run out. Both of these energies can be used to produce electrical energy through a power generation process, namely the Hybrid Power Plant (PLTH). Hybrid power generation system is a combination of 2 or more alternative energy power plants, namely wind energy and solar heat. Previously installed 2x50 wp PLTS and Darrieus type PLTB with a capacity of 100 watts due to the lack of supply for the 45 ah battery, 2x50 wp PLTS will be added so that charging the battery is faster and optimal and can be used as a reference to compare 2x100 Wp PLTS and 4x50 wp PLTS. The parameters used for this research are the state of the energy source and the electrical load in the futsal field of the State Polytechnic of Malang. in PLTS having an average solar radiation of about 882.14W/m² can produce a power of 1,252.63 W using PV Monocrystalline of 1.42 m²*

Keywords : *Darrieus Type, PLTH, PLTS, Reneable Energy*

1. Pendahuluan

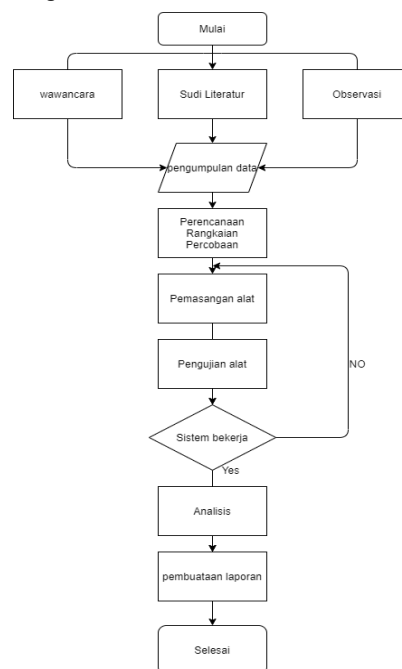
Keterbatasan sumber daya energi merupakan isu utama yang berkembang dewasa saat ini. Hal tersebut disebabkan karena kebutuhan energi, diimbangi dengan pertambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia yang semakin meningkat. Sedangkan energi fosil adalah sumber energi utama yang ketersediaannya terbatas sehingga terus-menerus mengalami pengurangan, yang menyebabkan tidak bisa diperbaharui dan akan habis jika kita gunakan secara terus menerus. Sehingga manusia dituntut untuk mencari sumber-sumber energi lain yang sedapat mungkin sumber energi tersebut dapat diperbaharui atau terbarukan (Saodah dan Amalia, 2013).

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) adalah pembangkit listrik yang terdiri dari dua atau lebih pembangkit listrik yang berbeda. Contohnya seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dipadu dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di lapangan futsal Politeknik Negeri Malang yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di lapangan futsal Politeknik Negeri Malang. Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid yang sudah tersedia di lapangan futsal Politeknik Negeri Malang dengan Photovoltaic 2x50 Wp dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dirasa belum maksimal untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terletak pada lapangan futsal Politeknik Negeri Malang. Maka penambahan sumber energi pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) sangat dibutuhkan agar kerja beban dapat mencapai puncaknya.

Pembangkit Listrik Hybrid ini dapat mengatasi ketidak stabilan energi dengan menggunakan baterai yang ada, karena tegangan yang dihasilkan dari setiap prototipe akan langsung disimpan dibaterai yang ada pada sistem PLTH ini berkapasitas 45 Ah. Tegangan yang ada pada baterai yang akan digunakan untuk menyuplai beban AC yang berada di lapangan futsal Politeknik Negeri Malang. Menurut spesifikasi Charge Controller yang terdapat di sistem prototipe akan memutus suplai tegangan untuk inverter Ketika tegangan berada dibawah 12 VDC, hal tersebut akan membuat suplai ke beban terputus. Sehingga permasalahan

di atas dapat diatasi dengan penambahan Pembangkit Listrik Tenaga Surya PLTS 2X50 WP yang dapat menghasilkan kinerja pada PLTH lebih maksimal. Sistem tersebut akan mensuplai baterai dengan dua suplai yang berbeda melalui Charge Controller multi-input jadi ketidakcukupan suplai ke inverter dapat teratasi dengan adanya dua sumber berbeda dari PLTB dan PLTS. Maka dari itu jurnal ini meliputi perencanaan, pemasangan serta kinerja pembangkit listrik Hybrid antara PLTS 4X50 WP dan PLTB TIPE DARIEUS kapasitas 100 watt di lapangan futsal Politeknik Negeri Malang.

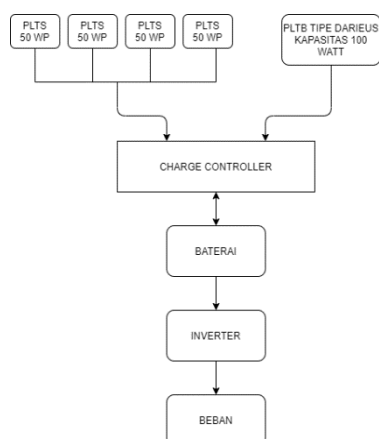
2. Metodologi Penelitian



Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian

* Korespondensi : aryaiga16@gmail.com

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141



Gambar 2. 2. Blok Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Sistem kerja Pembangkit Listrik Hybrid ini memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke dalam area turbin untuk mengatur baling-baling. Turbin tersebut dan generator yang satu poros mengakibatkan memutarinya rotor generator dibelakang turbin angin sehingga dapat menghasilkan tenaga listrik, dimana fungsi generator yaitu mengubah energi gerak menjadi energi listrik, Output yang dihasilkan oleh generator ialah arus AC, maka dengan converter akan dirubah menjadi arus DC. Converter ini berfungsi merubah rangkaian arus tertentu dari arus ke DC ke AC atau sebaliknya. Selain itu difungsikan sebagai penyeimbang arus listrik jika diterapkan pada suatu benda yang bermuatan listrik.

Prinsip kerja PLTH ini adalah memanfaatkan *renewable energy* sebagai sumber utama (*Primer*) yang dikombinasikan dengan *Solar Cell* sebagai sumber energi cadangan (*Skunder*). Sebelumnya telah terdapat PLTS 2X50 WP pada lapangan futsal Politeknik Negeri Malang namun hal ini kurang maksimal untuk kebutuhan yang disupply sehingga akan ditambah PLTS 2X50 WP agar didapatkan tingkat keandalan sistem pembangkit dalam melayani beban. Dari gambar diatas dapat dijelaskan pertama untuk memparalel semua PLTS tersebut terlebih dahulu antara PLTS 2X50 WP yang lama dengan PLTS 2X50 WP yang baru. Ketika perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid dan PLTS yang menerima cahaya matahari dirubah menjadi Tenaga Listrik melalui proses *Fotovoltaik*, setelah semua PLTS menyalurkan energi ke *Charge Controller* sehingga *Charge Controller* terisi, saat tegangan pengisian pada baterai telah mencapai keadaan penuh. Maka *Charge Controller* akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah *overcharge* begitu juga sebaliknya apabila *Charge Controller* sudah terpenuhi energi dan PLTS maka *charge* akan berhenti mengisi. Setelah itu energi yang disimpan pada *charge controller* disalurkan ke baterai. Setelah itu dari baterai disalurkan lagi menuju inverter yang semula tegangan DC dikonversi menjadi tegangan AC untuk disalurkan menuju beban yang terpasang.

Adapun spesifikasi komponen sistem PLTH sebagai berikut :

1. **Panel surya** : Tipe : *Monocrystalline, Maximum Power* (Pmax) : 50 W, *Voltage at P Max* (Vmp) : 18.1 V, *Current at P Max* (Imp) : 2.78 A, *Open Circuit Voltage* (Voc) : 22.2 V, *Short Circuit Voltage* (Isc) : 2.96 A, Berat : 4.2 kg

2. **Turbin tipe Darieus** : Tipe turbin = Tipe Darrieus, Jumlah sudu utama = 3buah, Jumlah sudu bantu = 9 buah (Horizontal 6, Vertikal 3), Diameter turbin = 100 cm, Panjang chord = 26.16 cm, Tinggi turbin = 100 cm, Standar airfoil = NACA 0020, Panjang sudu bantu = 33 cm,

Diameter sudu bantu = 15 cm, Kecepatan angin Minimal = 1 m/s

3. **Generator** : Daya : 100 Watt, Kecepatan, 50 rpm, Tegangan keluaran, 24 volt, Jumlah kumparan : 36 buah, Ukuran kawat email : 0,5 mm², Tipe magnet : Magnet permanent N 52, Jumlah magnet : 36 buah.
4. **Multiple Input Charge Controller** : Tegangan nominal : 12 volt, Daya nominal : 300 Watt, Arus maksimal : 30 ampere, *Floating charge* : 13,8 volt, Dimensi : 162 mm x 140 mm x 64 mm, Berat : 1,2 Kg.
5. **Baterai (AKI)** : Merk : LEOCH, Tipe : Maintenance Free Sealed Lead Acid LP 12–26, Rating tegangan : 12 volt, Kapasitas : 42 Ah, *Initial current* : 7.8 ampere.
6. **Inverter** : Frekuensi : 50Hz / 60Hz, Daya : 300 Watt, Tegangan AC : 220 VAC, Tegangan DC : 12 VDC, *No load current draw* : <0,6 A, Efisiensi : >95%, *Total harmonic distortion* : THD <4%, Dimensi : 130 x 150 x 50 mm.
7. **Beban** : Model : Rubick LED FLOOD LIGHT, *Power* : 100 Watt, *Voltage* : 100-265 v, *Class* : ip65.

Pada PLTS alat utama yang digunakan untuk mengkonversikan radiasi matahari menjadi energi listrik melalui proses aliran-aliran elektron negatif dan positif dalam sel modul tersebut dikarenakan adanya perbedaan elektron. Hasil dari aliran elektron-elektron akan menjadi energi listrik DC yang dimanfaatkan. Dalam fisika, energi adalah properti fisika dari suatu objek, dapat berpindah melalui interaksi fundamental, yang dapat diubah bentuknya namun tak dapat diciptakan maupun dimusnahkan (Simpedal, 2017). Sedangkan daya merupakan jumlah usaha yang dilakukan tiap satu satuan waktu (Listiana, dkk, 2009). Dalam fisika, daya adalah kecepatan melakukan kerja. Daya sama dengan jumlah energi yang dihabiskan per satuan waktu (Abdullah, 2016). Sebelumnya sudah ada pembangkit listrik tenaga surya (*solar cell*) 2x50 wp di lapangan futsal Politeknik Negeri Malang. Namun kurangnya suplai pada baterai dengan kapasitas 45 Ah akan dilakukan penambahan Pembangkit listrik Tenaga Surya (*solar cell*) 2x50 wp sehingga mendapatkan suplay daya yang optimal.

Penentuan kapasitas baterai dalam penelitian ini penggunaan konsumsi listrik adalah 3 buah Lampu LED dengan daya 10 Watt selama 11 jam. Jadi total konsumsi listrik yang dipakai adalah, 3 x 10 Watt x 11 Jam = 330 Wh, rata-rata konsumsi listrik diberi toleransi sebesar 20% untuk listrik yang digunakan oleh kontroler alat. Maka total energi listrik yang dibutuhkan adalah, W = 330 Wh + (330x20%) = 396 Wh. Oleh karena itu kapasitas baterai dengan output 12 V yang dapat digunakan adalah :

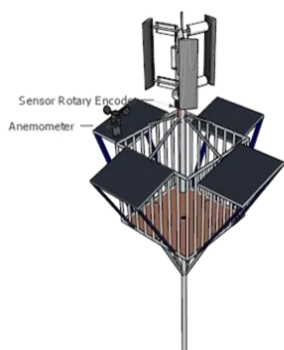
$$\frac{396 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = 33 \text{ Ah}$$

Dalam penelitian ini memakai baterai dengan tipe *industrial lead acid*, tipe baterai ini memiliki batas ideal *Depth of Discharge* (DoD) 80% sehingga dengan kebutuhan 33 Ah dapat digunakan baterai dengan kapasitas 45 Ah yang banyak tersedia di pasaran dengan tingkat DoD 73.33%.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada perencanaan dan desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini menggunakan aplikasi Visio dengan memperhatikan parameter seperti radiasi matahari, keseimbangan rumah turbin,

dan sudut kemiringan panel surya. Rumah turbin terletak pada titik sentral dari alat ini dan lurus secara vertikal dengan tiang utama penyangga alat, dikarenakan turbin adalah benda yang bergerak berputar maka titik keseimbangan optimal adalah di titik tengah alat untuk mengurangi efek dari gaya putaran turbin. Peletakan 4 buah panel surya disusun melingkari rumah turbin dengan tujuan agar lebih seimbang dan memperhatikan estetika. Sudut kemiringan panel surya adalah sebesar 15° dan menghadap ke utara yang optimal secara astronomis bagi daerah Indonesia khususnya pulau Jawa yang berada pada garis katulistiwa agar panel surya dapat menyerap cahaya matahari dengan maksimal (Kurniawan, 2016). Kemiringan tersebut juga sudah cukup untuk menghindari air hujan atau benda lain seperti ranting pohon dan daun untuk tersangkut di permukaan panel surya sehingga dapat mengurangi efek *shading* atau tertutupnya panel surya dalam menyerap cahaya matahari.



Gambar 3.1. Desain PLTS 4X50 WP Baru

Setelah menemukan jumlah kebutuhan energi maka bisa ditentukan kapasitas panel surya yang dibutuhkan dengan cara membagi total kebutuhan energi dengan 4. Angka 4 merupakan lamanya waktu penyerapan ideal panel surya di Indonesia yang berlangsung mulai dari pukul 10.00 WIB hingga 14.00 WIB. Panel surya tetap mampu menghasilkan daya pada waktu sebelum pukul 10.00 WIB dan setelah pukul 14.00 WIB, namun kapasitas daya yang dihasilkan tidak sebaik saat antara jam tersebut. Lokasi – lokasi di Indonesia memiliki variasi lama penyinaran yang berbeda, namun tidak terlalu signifikan sehingga 4 jam penyinaran dapat dijadikan standar normal (Janaloka, 2015).



Gambar 3.2. Pemasangan Panel Surya Baru

Telah diketahui bahwa kebutuhan total energi listrik adalah sebesar 396 Wh, maka,

$$\frac{396 \text{ Wh}}{4 \text{ h}} = 99 \text{ Wp}$$

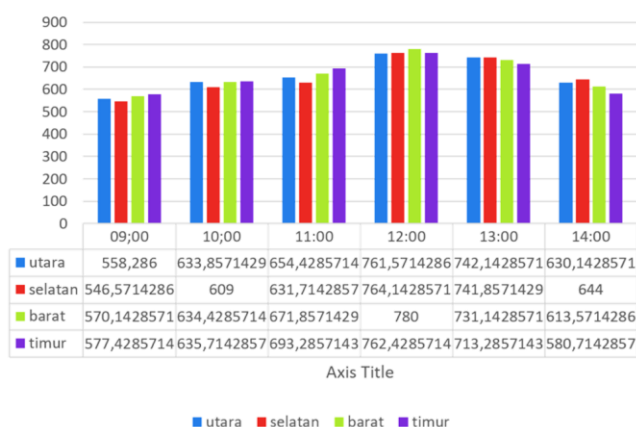
Kebutuhan panel surya tersebut dibulatkan menjadi 100 Wp agar menyesuaikan dengan ketersediaan alat di pasaran.

Dalam pengujian akan diambil data-data keluaran dari resapan sel surya yang digunakan dengan mengawasi secara langsung

sehingga kita dapat mengetahui perubahan tegangan dan daya resapan yang terjadi ketika panel disinari oleh matahari. Untuk mengetahui berapa besar radiasi yang dihasilkan dari matahari maka kita menggunakan alat seperti *Solar Radiasi Meter*. Penelitian ini akan di ambil data keseluruhan sel surya dari pagi jam 09:00 WIB sampai dengan 14:00 WIB siang hari dengan jarak interval 1 jam sekali data diambil dan diamati.

Menentukan tata letak *solar cell* diperlukan pengujian besar radiasi matahari ditempat yang direncanakan. Berikut merupakan proses pengukuran besar radiasi matahari di utara dan selatan rumah turbin darievus. Berikut merupakan hasil pengujian besar radiasi matahari apabila *solar cell* diletakkan disemua sisi rumah turbin darievus.

Pengukuran Radiasi Matahari



Gambar 3.3. Grafik Radiasi Matahari

Berdasarkan hasil pengujian dan pengambilan data diatas, maka diperoleh nilai rata-rata radiasi matahari dengan pengamatan selama 5 jam, mulai pukul 09:00 hingga pukul 14:00 dan posisi disemua sisi turbin dengan sudut kemiringan 15°, karena di Indonesia berada di garis katulistiwa dan posisi matahari cenderung miring ke arah utara. Pada sisi utara pada pukul 09:00 memiliki nilai rata-rata 558,286, pada pukul 10:00 memiliki nilai rata-rata 633,857, pada pukul 11:00 memiliki nilai rata-rata 654,428, pada pukul 12:00 memiliki nilai rata-rata 761,571, pada pukul 13:00 memiliki nilai rata-rata 742,142, pada pukul 14:00 memiliki nilai rata-rata 630,142 dan pada sisi selatan pada pukul 09:00 memiliki nilai rata-rata 546,571, pada pukul 10:00 memiliki nilai rata-rata 609, pada pukul 11:00 memiliki nilai rata-rata 631,714, pada pukul 12:00 memiliki nilai rata-rata 780, pada pukul 13:00 memiliki nilai rata-rata 741,857, pada pukul 14:00 memiliki nilai rata-rata 644 dan pada sisi barat pada pukul 09:00 memiliki nilai rata-rata 570,142, pada pukul 10:00 memiliki nilai rata-rata 634,428, pada pukul 11:00 memiliki nilai rata-rata 671,857, pada pukul 12:00 memiliki nilai rata-rata 780, pada pukul 13:00 memiliki nilai rata-rata 731,142, pada pukul 14:00 memiliki nilai rata-rata 613,571 dan pada sisi timur pada pukul 09:00 memiliki nilai rata-rata 577,428, pada pukul 10:00 memiliki nilai rata-rata 635,714, pada pukul 11:00 memiliki nilai rata-rata 693,285, pada pukul 12:00 memiliki nilai rata-rata 762,428, pada pukul 13:00 memiliki nilai rata-rata 713,285, pada pukul 14:00 memiliki nilai rata-rata 580,714. Dari hasil pengambilan rata-rata data radiasi matahari diatas dapat disimpulkan bahwa *Peak Solar Hours* (PSH) dilapangan futsal Politeknik Negeri Malang memiliki PSH 4 jam dalam satu hari. Dan pada pemasangan PLTS berada dilapangan sehingga tidak ada *shading* dan pertimbangan keseimbangan pada rumah turbin. Sehingga mendapat daya yang

optimal dari cahaya matahari.

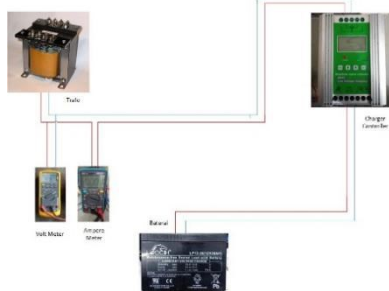
Pengujian Panel surya dirangkai paralel dan seri,
Tabel 3.1. Data Radiasi Paralel

Waktu	Radiasi (W/m2)	Panel			
		Voc (Vdc)	Isc (Ide)	Vmp (Vdc)	Imp (Ide)
09.30	810	19,5	4,3	18	0,64
10.30	910	20	7	19,46	0,68
11.30	960	19,6	7,56	19,3	0,31
12.30	950	19,6	8,1	18,5	0,18
13.30	1005	19,5	7,27	18,8	0,82
14.30	890	19,7	5,45	15,4	0,89
15.30	650	19,5	4,46	15,2	0,84
Rata-Rata	882,14	19,63	6,31	17,81	0,62

Tabel 3.2. Data Radiasi Seri

Waktu	Radiasi (W/m2)	Panel			
		Voc (Vdc)	Isc (Ide)	Vmp (Vdc)	Imp (Ide)
09.00	780	40,4	2	33,2	1,6
10.00	920	41	3,69	33,66	0,81
11.00	930	39,2	3,78	19	0,38
12.00	1090	39,6	4,46	36	0,8
13.00	940	39	3,57	32,7	0,85
14.00	900	39,5	2,99	32	0,88
15.00	750	39,8	2,93	34,3	0,9
Rata-Rata	901,4285714	39,79	3,35	31,55	0,9

Pengujian output sisi PLTB Darieus dan PLTS (4x50 Wp) yang ada pada sistem Pembangkit Listrik Hybrid. Pada proses charging baterai, tegangan yang dihasilkan oleh panel surya maupun generator turbin angin digunakan untuk melakukan charging baterai yang dikontrol oleh multiple input charger controller tipe MPPT, maka diperlukan untuk memperhatikan dan mencatat besarnya nilai tegangan input, arus input, tegangan output, dan arus output pada setiap waktu yang telah ditentukan. Pada proses charging baterai, tegangan yang digunakan untuk charging baterai dihasilkan oleh generator turbin angin, tetapi nilai tegangannya bervariasi disebabkan kondisi kekuatan kecepatan angin yang bervariasi, oleh karena itu pada pengujian charging baterai menggunakan transformator satu fasa.

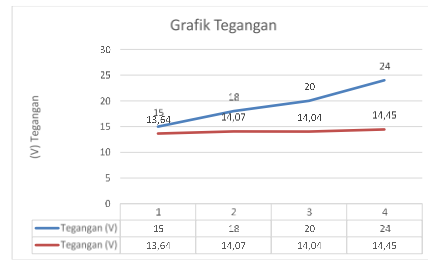


Gambar 3.4. Wiring Pengujian PLTB

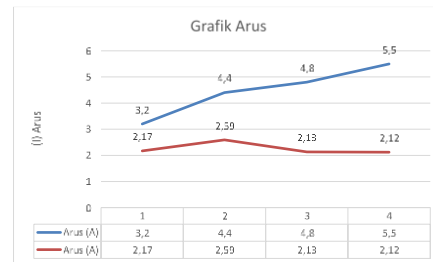
Pengujian charging menggunakan transformator satu fasa yang tegangannya dapat diatur menjadi 15V, 18V, 20V, dan 24V. Gambar 3.4. merupakan gambar rangkaian proses charging baterai menggunakan sumber PLN 220 V/50 Hz yang dihubungkan dengan transformator satu fasa yang dapat mengubah level tegangan dari 220 Volt AC menjadi tegangan 15Volt AC, 18Volt AC, 20Volt AC, dan 24Volt AC.

Tabel 3.3. Output PLTB Darieus dan Output Charge Control

Percobaan	Output PLTB		Output CC	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	15	3,2	13,64	2,17
2	18	4,4	14,07	2,59
3	20	4,8	14,04	2,13
4	24	5,5	14,45	2,12



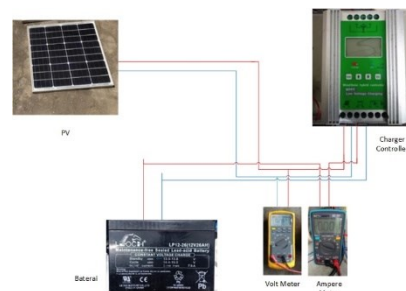
Gambar 3.5. Grafik Tegangan PLTB



Gambar 3.6. Grafik arus PLTB

Tabel di atas menjelaskan bahwa nilai tegangan dari transformator satu fasa diatur dari 15 Volt hingga 24 Volt. Karena minimal pengecasan multiple input charge controller tipe MPPT diatas 12 Volt, Ketika tegangan trafo bernilai 15 Volt maka baterai akan melakukan pengecasan, dan terjadi proses charging baterai. Untuk nilai tegangan sisi output PLTB Darieus mengalami kenaikan secara berkala,sebanding dengan nilai tegangan sisi output multiple input charger tipe MPPT. Untuk arus pada sisi output PLTB Darieus mengalami kenaikan secara berkala, percobaan sisi output multiple input charge controller tipe MPPT nilai arus pada percobaan 1 dan 2 mengalami kenaikan sedangkan percobaan 3 dan 4 mengalami penurunan seiring kapasitas baterai mulai penuh. Ketika kapasitas baterai sudah penuh maka multiple input charger tipe MPPT akan otomatis memutus daya ke baterai.

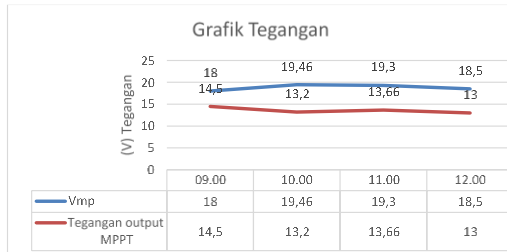
Rangkaian pengujian sisi output panel surya,



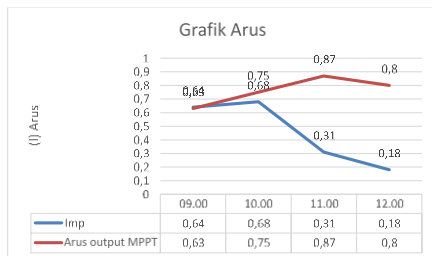
Gambar 3.7. Wiring Pengujian Panel Surya

Tabel 3.4. Output PLTS dan Output Charge Control

Tegangan dan Arus Output PLTS dan MPPT				
Waktu	Vmp (Vdc)	Imp (Idc)	Tegangan Output MPPT	Arus Output MPPT
09.00	18	0,64	14,5	0,63
10.00	19,46	0,68	13,2	0,75
11.00	19,3	0,31	13,66	0,87
12.00	18,5	0,18	13	0,8



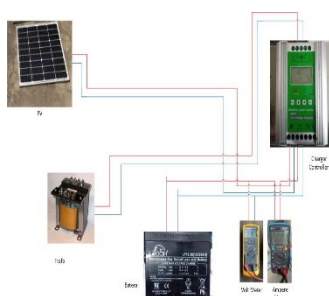
Gambar 3.8. Input dan Output Tegangan MPPT



Gambar 3.9. Input dan Output Arus MPPT

Tabel di atas menjelaskan bahwa nilai tegangan output dari panel surya dan output *multiple input charge controller* tipe MPPT relatif stabil. Untuk output arus panel surya mengalami penurunan disebabkan baterai terisi penuh. Pada output *multiple input charge controller* tipe MPPT mengalami kenaikan. Untuk nilai tegangan sisi output PLTS mengalami kenaikan secara berkala,sebanding dengan nilai tegangan sisi *output multiple input charger* tipe MPPT.

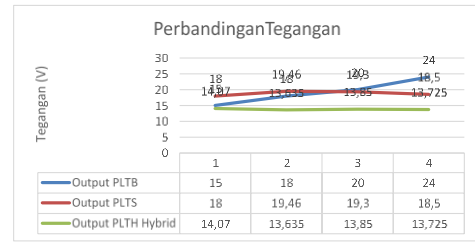
Berikut gambar rangkaian pengujian *charging* baterai pada sistem PLTH,



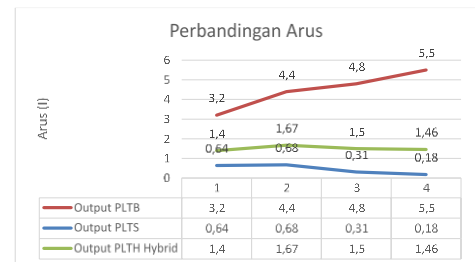
Gambar 3.10. Wiring Pengujian PLTS

Tabel 3.5. Output PLTB, PLTS dan PLTH

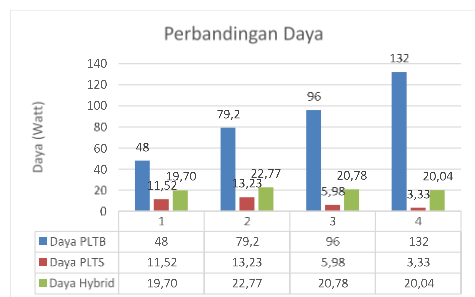
Output PLTB		Daya PLTB	Output PLTS		Daya PLTS	Output PLTH Hybrid	
Tegangan (V)	Arus (A)	Watt	Tegangan (V)	Arus (I)	Watt	Tegangan (V)	Arus (I)
15	3,2	48	18	0,64	11,52	14,07	1,4
18	4,4	79,2	19,46	0,68	13,23	13,635	1,67
20	4,8	96	19,3	0,31	5,98	13,85	1,5
24	5,5	132	18,5	0,18	3,33	13,725	1,46



Gambar 3.11. Perbandingan Tegangan PLTB, PLTS, PLTB



Gambar 3.12. Perbandingan Arus PLTB, PLTS dan PLTH



Gambar 3.12. Perbandingan Daya PLTB, PLTS, PLTH

Dari grafik diatas sistem Pembangkit Listrik (*hybrid*) dikombinasikan antara PLTS dan PLTB didapatkan hasil tegangan (V) dan arus (I), dari hasil pengujian dengan mengukur menggunakan alat avo meter variasi tegangan output PLTB dikalikan dengan arus input ke *multiple input charge controller* tipe MPPT didapatkan total daya dari pengukuran, Daya PLTB cenderung naik seiring kenaikan tegangan. Sedangkan PLTS juga mensuplai ke input *multiple input charge controller* tipe MPPT didapatkan arus yang semakin mengecil meskipun tegangan input PLTS stabil, karena kondisi baterai mulai terisi penuh. Untuk Analisa Hybrid PLTB dan PLTS daya yang diperoleh tetap stabil meskipun arus Charge dari kedua input bervariasi atau besar, hal ini membuktikan *multiple input charge controller* tipe MPPT bekerja dengan baik untuk menjaga life time baterai ataupun sistem. Berikut merupakan pengujian beban pada PLTH *Darievus* :

Tabel 3.6. Pengukuran Variasi beban

Pengukuran variasi beban		
	(I) arus	(V) tegangan
Beban 10 watt	0,03	222
Beban 15 watt	0,08	223
beban 20 watt	0,1	223
beban 25 watt	0,13	224,6
Beban 35 watt	0,17	224,8
Beban 45 watt	0,21	224,1
Beban 70 watt	0,31	217
Beban 80 watt	0,31	224

4. Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian alat, pengambilan data, dan analisa hasil percobaan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perencanaan penambahan PLTS 4x50 Wp yang berada di lapangan dan dipasang diatas rumah turbin sisi utara, selatan, timur dan barat, sehingga tidak ada *shading* dan pemasangan PLTS di keempat sisi tersebut diharapkan menjaga keseimbangan pada rumah turbin. Dengan demikian PLTS mendapat daya yang optimal dari cahaya matahari.
2. Dari hasil pemasangan diambil kesimpulan pengambilan data *Hybrid* antara PLTB *Darievus* dan PLTS 4x50 WP menghasilkan daya output yang lebih optimal untuk mensuplai kapasitas baterai dan juga sistem.
3. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan melalui data tabel dan grafik perbandingan listrik *Hybrid* dengan *multiple input charge controller tipe* MPPT lebih efisien dalam proses charging baterai, karena pada saat kondisi matahari sudah redup maka suplai *multiple input charge controller tipe* MPPT masih bisa disuplai oleh PLTB *Darievus*, hal ini juga berlaku saat PLTB *Darievus* tidak dapat mensuplai baterai pada siang hari akibat variasi angin yang berubah-ubah maka PLTS 4x50 WP mampu mengisi suplai charging baterai.

5. Saran

1. Untuk pengembangan PLTH apabila ada penambahan kapasitas PLTB *Darievus* atau PLTS harus dipastikan dulu untuk pengecekan kapasitas maksimal *multiple input charge controller tipe* MPPT supaya tidak terjadi kerusakan pada sistem.
2. Berhati – hati ketika memasang kabel positif dan negatif, karena jarak terminal positif dan negatif cukup dekat yang dapat memungkinkan terjadi hubung singkat yang akan membuat kerusakan pada *multiple input charge controller tipe* MPPT.

Tracker (Mppt) Berdasarkan Metode Perturb And Observe Dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis,” Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Jakarta, no. 4.

- [8] Janaloka, (2015), “Menghitung Kebutuhan Sistem Panel Surya Sendiri :DIY”, (Online), <https://janaloka.com/menghitung-kebutuhan-sistem-panel-surya-sendiri-diy/>, diakses 30 Juli 2021.
- [9] L. Abubakar, “ENERGI TERBARUKAN DALAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN,” Energi Terbarukan, vol. 8, pp. 160–161, 2007.
- [10] Pido, R., dkk. (2019). “Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi. Teknik Mesin”.
- [11] R. Fachri, “Analisa Potensi Energi Angin Dengan Distribusi Weibull Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Banda aceh,” J. Ilm. Pendidik. elektro, vol. 1, p. 2, 2017.
- [12] R. Mundus, K. H. Khwee, and A. Hiendro, “Rancang Bangun Inverter Dengan Menggunakan Sumber Baterai Dc 12V”, Tanjungpura.
- [13] Simpedal, (2017), “Pertambahan dan Energi”, (Online), <https://simpedal.tasikmalayakab.go.id/sektor/6>, diakses 30 Juli 2021
- [14] S. Saodah dan R. Amalia. (2013). “Perancangan Pembangkit Hybrid Anginsurya Di Desa Parangtritis Yogyakarta,” Tek. Energi, vol. 3, p. 244.
- [15] Suriadi., Syukuri, Mahdi. (2010). Perencanaan Pembangkit Listrik tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYSY Pada Komplek perumahan Di Banda Aceh. Band Aceh: Jurnal Rekayasa elektrika.
- [16] T. Sugeng. Rokhman, (2018), “Rancang Bangun Prototipe Gardu Pembangkit Listrik Hybrid Mikro Hidro Dan Sel Surya Sebagai Media Pembelajaran Praktikum Teknik Elektro,” J. E-KOMTEK, vol. 2, p. 3.

Daftar Pustaka

- [1] Kurniawan, (2016), “Analisa Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Pemanfaatan Lahan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton”, Surabaya: ITS.
- [2] Abdulloh, I. F. (2020) Perencanaan Dan Analisis Remote Monitoring Serta Controlling Berbasis Website Pada Prototipe Pembangkit Listrik Hybrid. Politeknik Negeri Malang.
- [3] Buana, C. Dkk.. (2017), UJI EXPERIMENTAL MODEL TURBIN HYBRID SAVONIUS BERTINGKAT DAN DARRIEUS TIPE”, SINERGI, pp. 181–190
- [4] D. Hidayanti, dkk, (2019), “Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin Dan Surya Dengan Penggerak Otomatis Pada Panel Surya,” Tek. Energi, vol. 15, no. 94..
- [5] Fachri, dkk. (2017). “Analisa Potensi Energi Angin Dengan Distribusi Weibull Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Banda Aceh” dalam Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro Vol.1, No.1, Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala
- [6] H. Diana, dkk. (2019). “Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin Dan Surya Dengan Penggerak Otomatis Pada Panel Surya” dalam Jurnal Teknik Energi Vol 15 No.3, Semarang: Politeknik Negeri Semarang
- [7] Winarno and L. Natasari, (2017), “Maximum Power Point