

## Design of Hybrid Solar and Pico Hydro Power Plant Using Water Reservoir Tank

### Desain Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Panel Surya dan Piko Hidro Menggunakan Tangki Penampungan Air

Asyrofi Muttaqin<sup>1</sup>, Syukriyadin Syukriyadin\*<sup>2</sup>, Syahrizal Syahrizal<sup>3</sup>,  
Alfisyahrin Alfisyahrin<sup>4</sup>, Fahri Helta<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Department of Electrical Engineering, Syiah Kuala University, Indonesia

\*Corresponding Author: syukriyadin@usk.ac.id

#### ABSTRACT

The energy contained in the flow of water from the tank can be utilized as an additional source of electrical energy, namely by making a Pico Hydro Power Plant (PLTPh). However, the flow of water produced is certainly not strong enough because it only relies on the height of the tank laying, and the water discharge is not too large. So, the energy from sunlight is also utilized simultaneously and becomes a hybrid PV-hydro power plant (PLTH PV-hydro) with the aim of producing more optimal alternative energy. PLTH PV-Hydro is designed using a combination of 10 WP monocrystalline solar panels and two 10W DC generators coupled with turbines. The distance between the water drop point and the generator is designed to be as high as 2 meters and uses a 12 V, 5Ah VRLA battery as an electrical energy storage system. Based on the tests that have been carried out, the water discharge measurement results are  $147.82 \text{ cm}^3/\text{s} = 147.82 \times 10^{-3} \text{ l/s}$ . The total power that PLTH can generate is 5.32 Watts using a 5-watt lamp load, and it can charge the battery within 6 hours.

**Keywords:** PLTH, PV, Hydro, Hybrid, Water Reservoir Tank

#### ABSTRAK

Energi yang terdapat pada aliran air dari tangki dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi listrik tambahan yaitu dengan membuat Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPh). Akan tetapi aliran air yang dihasilkan tentu saja tidak cukup kuat karena hanya mengandalkan tinggi peletakan tangki dan debit air yang tidak terlalu besar. Maka dimanfaatkan juga energi dari cahaya matahari untuk digunakan secara bersamaan dan menjadi sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PV-Hydro (PLTH PV-Hydro) dengan tujuan menghasilkan energi alternatif yang lebih optimal. PLTH PV-Hydro ini dirancang menggunakan penggabungan panel surya monocrystalline 10 WP dan dua buah generator DC 10W yang sudah dikopel dengan turbin. Jarak antara titik jatuh air ke generator dirancang setinggi 2 meter dan menggunakan baterai VRLA 12 V, 5 Ah sebagai sistem penyimpanan energi listrik. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengukuran debit air sebesar  $147,82 \text{ cm}^3/\text{s} = 147,82 \times 10^{-3} \text{ l/s}$ . Daya total yang mampu dihasilkan PLTH adalah sebesar 5,32 Watt dengan menggunakan beban lampu 5 Watt dan mampu mengisi baterai dalam waktu 6 Jam.

**Kata kunci:** PLTH, PV, Hydro, Hybrid, Tangki Air

Manuscript received 20 April 2024; Accepted 30 May 2024.

Journal Geuthee of Engineering and Energy is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.



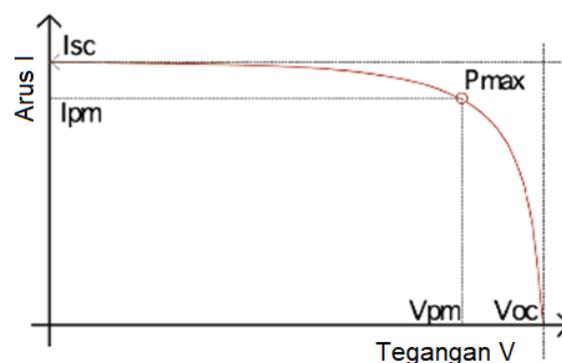
## 1. PENDAHULUAN

Tangki penampungan air (water reservoir tank) saat ini hanya digunakan untuk menampung air sebelum digunakan. Bahkan ketika digunakan, energi dari aliran air yang dipakai hanya terbuang begitu saja. Tentu saja hal tersebut masih dapat dioptimalkan dengan memanfaatkan energi yang ada. Energi kinetik yang terdapat pada aliran air dari tangki dapat dimanfaatkan sebagai energi penggerak tambahan yaitu dengan membuat Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPh). Akan tetapi aliran air yang dihasilkan tentu saja tidak cukup kuat karena hanya mengandalkan tinggi peletakan tangki dan debit air yang tidak terlalu besar. Di sisi lain, potensi energi baru terbarukan yang dihasilkan alam juga masih cukup besar untuk dikembangkan dan dimanfaatkan, contohnya seperti intensitas cahaya matahari yang akan selalu ada [1]. Potensi sinar matahari tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik menggunakan panel surya.

Beberapa penelitian yang berhubungan dengan pembangkit listrik mikrohidro dan tenaga surya sebelumnya telah dilakukan dengan memanfaatkan aliran air irigasi dan dua kincir air serta sebuah solar cell 50 WP [2]. Selain itu penelitian Rancang Bangun Pemanfaatan Aliran Tandon Air Gedung Bertingkat Sebagai Pembangkit Listrik Mikro Hidro dilakukan dengan memanfaatkan aliran tandon air (water reservoir) untuk menggerakkan turbin dan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [3].

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) didefinisikan sebagai pembangkit yang menggabungkan dua buah sumber energi listrik menjadi sebuah kesatuan sehingga memperoleh energi yang menguntungkan [4]. PLTH PV-Hydro yang menggabungkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLPh). Dengan menggabungkan kedua sistem tersebut maka akan mengoptimalkan energi yang dihasilkan. Bahkan ketika kondisi cahaya matahari kurang memadai, sumber listrik tetap akan dihasilkan dari turbin air, sebaliknya ketika aliran air kurang memadai maka sumber listrik akan dihasilkan dari panel surya.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan paket foton dalam cahaya matahari yang menumbuk elektron dalam panel surya sehingga menjadi energi listrik [5]. Faktor yang dapat mempengaruhi energi keluaran yang dihasilkan panel surya diantaranya tingkat polusi udara, ketinggian dari permukaan laut, awan dan kecerahan intensitas cahaya matahari. Prinsip dasar pembangkit listrik tenaga surya yaitu mengubah energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik. Modul surya akan bekerja dengan menyerap cahaya matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik (energi foton) dan menghasilkan energi kinetis yang dapat melepaskan elektron-elektron ke pita induksi, sehingga menghasilkan arus listrik. Semakin tingginya intensitas cahaya matahari maka semakin besar energi kinetik yang dihasilkan. Panel surya memiliki hubungan karakteristik antara arus dan tegangan dimana daya maksimum  $P_{max}$  tercapai bila arus dan tegangan panel surya berada pada nilai maksimum ( $I_{pm}$ ,  $V_{pm}$ ) yang dapat dilihat dari kurva I-V Gambar 1 [6].



Gambar 1. Kurva karakteristik I-V panel surya

Untuk menghitung Fill Factor dan potensi energi suatu panel surya maka dapat dihitung dengan persamaan (1) dan (2) berikut [6], [7]:

$$FF = \frac{I_{pm} \times V_{pm}}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (1)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} I_{pm} &= \text{Arus maksimum} \\ V_{pm} &= \text{Tegangan maksimum} \\ I_{sc} &= \text{Arus hubung singkat} \\ V_{oc} &= \text{Tegangan tanpa beban} \end{aligned}$$

$$E = A \times G \times \eta \quad (2)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} E &= \text{Energi yang dihasilkan (kWh)} \\ A &= \text{Luas permukaan panel surya (m}^2\text{)} \\ G &= \text{Nilai intensitas cahaya matahari yang diterima (W/m}^2\text{)} \\ \eta &= \text{Efisiensi panel surya (\%)} \end{aligned}$$

Sementara itu Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPh) merupakan sistem pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air skala kecil sebagai sumber energi dengan kapasitas daya yang mampu dihasilkan sebesar < 5 KW dengan ketinggian head < 10 meter [8]. PLTPh pada prinsipnya memanfaatkan sudut kemiringan atau beda ketinggian dan jumlah debit air per detik pada sumber aliran air seperti saluran irigasi, air terjun ataupun sungai yang mana aliran air akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik yang akan memutar generator dan akan menciptakan energi listrik [9].

Perhitungan potensi daya PLTPh dilakukan dengan mengukur debit aliran air dan ketinggian jatuh air dan nilai yang didapatkan dapat dimasukkan dalam persamaan besar daya (3) yang dapat dilihat dibawah ini [10].

$$P = g \times Q \times h \times eff_{turbin} \quad (3)$$

dimana:

$$\begin{aligned} P &= \text{Daya air yang dibangkitkan (Watt)} \\ eff_{turbin} &= \text{Efisiensi turbin (\%)} \\ g &= \text{Percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s}^2\text{)} \\ Q &= \text{Debit aliran air (m}^3\text{/s)} \\ h &= \text{Tinggi jatuh air (m)} \end{aligned}$$

Untuk dapat menghitung debit air, dibutuhkan perhitungan volume air. Pada penelitian ini, air ditampung pada tangki/ember yang berbentuk kerucut terpancung. Sehingga untuk mengukur volume cairan, digunakan persamaan-persamaan (4), (5), dan 6) sebagai berikut:

$$t = \sqrt{s^2 - r^2} \quad (4)$$

dimana:

$$\begin{aligned} t &= \text{Tinggi kerucut} \\ s &= \text{Garis pelukis kerucut} \\ r &= \text{Jari-jari bidang alas kerucut} \end{aligned}$$

$$\text{Volume cairan} = \frac{1}{3} \times \pi \times t(R^2 + Rr + r^2) \quad (5)$$

dimana:

$t$  = Tinggi kerucut

$R$  = Jari-jari lingkaran besar

$r$  = Jari-jari lingkaran kecil

$$P = \rho \times g \times h \quad (6)$$

dimana:

$P$  = Tekanan (Pa)

$\rho$  = Massa jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$h$  = Tinggi permukaan dari lubang jatuh air (m)

Pada riset ini, dirancang prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) yang menggabungkan Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPh) serta Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) agar dapat memaksimalkan keluaran daya yang dihasilkan. Prototipe alat ini dirancang dengan meletakkan panel surya di atas tangki water reservoir dan menggunakan dua buah turbin yang sudah dikopel dengan generator di saluran pipa water reservoir secara paralel. Keluaran yang dihasilkan dari prototipe alat ini diharapkan dapat menjadi sumber energi alternatif.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Penentuan Kapasitas Beban

Beban yang digunakan pada rancangan ini merupakan sebuah lampu DC dengan daya 5 Watt 12V yang diperkirakan akan digunakan sekitar  $\pm$  5 jam per hari. Maka untuk mengetahui total penggunaan beban per hari ( $E_t$ ), dapat dihitung sebagai berikut:

$$E_t = 5W \times 5h$$

$$E_t = 25 Wh$$

### 2.2. Penentuan Kapasitas Pembangkit PV dan Generator DC

Pada penelitian ini, beban yang digunakan yaitu satu buah lampu DC 5 Watt 12V dan diperkirakan akan menyala selama  $\pm$  5 jam per hari dengan estimasi daya beban total sebesar 25 Wh per hari. Pembangkit yang akan digunakan adalah satu buah panel surya berjenis monocrystalline dengan daya 10 Wp dan dua buah Pico Hydro Generator F50 10W 12V DC. Penggunaan panel surya dihitung dengan membagi jumlah total daya beban per hari dengan efektifitas waktu penyerapan panel surya terhadap cahaya matahari selama  $\pm$  5 jam. Maka kebutuhan panel dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan panel} = 25 W/5 h$$

$$\text{Kebutuhan panel} = 5 Wp$$

### 2.3 Perancangan Sistem PV

Panel surya yang digunakan adalah panel surya 10 Wp berjenis Monocrystalline dan akan diletakkan di atas tangki air dengan tujuan agar panel surya dapat menyerap cahaya matahari dengan baik. Spesifikasi panel surya yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi panel surya monocrystalline 10 Wp

Rate daya maksimum ( $P_m$ )	10 Wp
Tegangan maksimum ( $V_{mp}$ )	17,92
Arus maksimum ( $I_{mp}$ )	0,56
Tegangan open-circuit ( $V_{oc}$ )	20,79
Arus short-circuit ( $I_{sc}$ )	0,60

Dimensi (m)	0,35 x 0,255
-------------	--------------

Berikut merupakan topologi rancangan peletakan panel surya pada tangki air seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



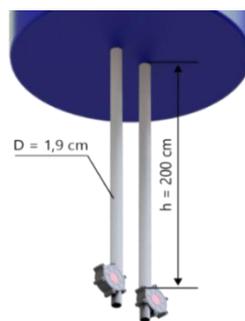
Gambar 2. Rancangan peletakan panel surya pada tangki air

#### 2.4 Perancangan Sistem Generator Piko Hidro 12 V DC

Generator DC yang digunakan pada penelitian adalah generator yang sudah dikopel dengan turbin dan merupakan generator dengan penguat terpisah dengan spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel II.

Tegangan keluar maksimum	12V
Arus keluar maksimum	$\geq 220\text{mA}$ (12V)
Daya maksimum	10 W
Resistansi	$110.5 \pm 0.5\Omega$
Resistansi isolasi	10M $\Omega$ (DC 100 Tramegger)
Tekanan hidrolik	0.05 MPa
Efisiensi	80%

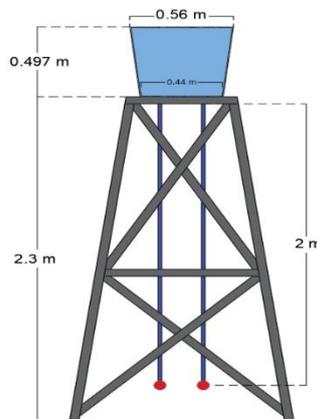
Dua buah generator piko hidro diletakkan pada aliran pipa outlet secara sejajar di bawah dasar tangki. Bentuk rancangan generator piko hidro pada pipa outlet dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan generator piko hidro pada pipa outlet

#### 2.5 Perancangan Pembuatan Rangka, Tangki dan Pipa

Rangka dan pipa dirancang memiliki tinggi 2,3 meter dan menggunakan pipa berdiameter  $\frac{3}{4}$  inch (0,019 m) dengan panjang 2 meter. Sedangkan tangki yang digunakan memiliki kapasitas 100 L dengan ukuran tinggi (sisi miring) 50 cm, diameter atas 56 cm dan diameter bawah 44 cm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kerangka prototipe rancangan

Untuk mengetahui tekanan air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4), (5) dan (6) sebagai berikut:

$$t = \sqrt{50^2 - 5,5^2} = 49,7 \text{ cm}$$

Volume cairan dapat dihitung menggunakan persamaan (5) sebagai berikut :

$$Volume = \frac{1}{3} \times \pi \times 49,7 (28^2 + (28 \times 22) + 22^2)$$

$$Volume = 98.005 \text{ cm}^3$$

Dari pengujian untuk mencapai volume  $98.005 \text{ cm}^3$  dibutuhkan waktu selama 663 s. Sehingga besar debit air yang dihasilkan dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = \frac{98005 \text{ cm}^3}{663 \text{ s}}$$

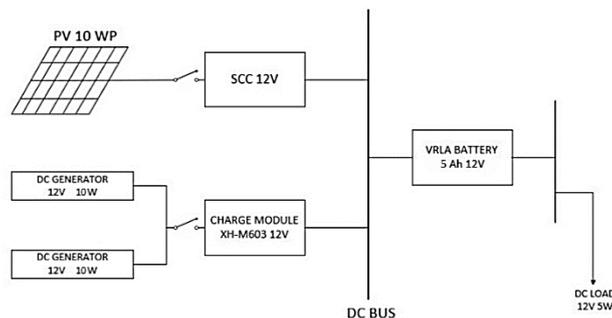
$$Q = 147,82 \text{ cm}^3/\text{s} = 147,82 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dan dengan menggunakan persamaan (6) tekanan air dapat dihitung sebagai berikut:

$$P = 1000 \times 9,81 \times 2 = 19,6 \text{ kPa}$$

## 2.6 Perakitan Prototipe

Sebelum dihubungkan ke beban DC, kedua sumber energi akan dirangkai secara paralel dan masing-masing dihubungkan ke charge controller sebelum menuju baterai untuk proses pengisian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hal tersebut bertujuan untuk mengatur tegangan dalam proses pengisian baterai agar tidak terjadi over voltage.



Gambar 5. Diagram blok prototipe PLTH PV-Hydro

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Rancangan Akhir Prototipe

Rancangan akhir prototipe dapat dilihat Gambar 6. Prototipe rangka tangki dibuat dengan menggunakan metode pengelasan bahan besi siku berukuran 3 cm × 3 cm dan memiliki tinggi 230 cm untuk memungkinkan peletakan generator piko hidro 200 cm di bawah dasar tangki. Dengan luas penampang rangka atas 50 cm × 50 cm dan luas bawah 70 cm × 70 cm yang bertujuan untuk membuat rangka memiliki bentuk besar ke bawah sehingga menjadi lebih kokoh.



(a) (b)  
Gambar 6. Rancangan akhir prototipe  
(a) Tampak depan, (b) Tampak atas

Kapasitas tangki yang digunakan adalah 100 L, pipa yang digunakan pada kedua saluran outlet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 masing-masing memiliki diameter sebesar  $\frac{3}{4}$  inch (0,019 m) dengan panjang 200 cm dan dipasangkan generator piko hidro pada masing-masing pipa outlet.



Gambar 7. Rangkaian pipa outlet dan generator piko hidro

#### 3.2 Pengujian Panel Surya

Pada pengujian ini, dilakukan pengukuran tegangan dan arus terhadap keluaran dari panel surya. Pengukuran antara arus dan tegangan dilakukan secara bergantian dengan menggunakan satu buah multimeter digital.

Sebelum dilakukan pembebanan, dilakukan pengukuran untuk Voc dan Isc serta melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai Fill Factor dan daya output yang dihasilkan oleh panel surya. Hasil dari pengukuran dan perhitungan dapat dilihat pada Tabel III. Berdasarkan Tabel III dapat dilihat bahwa daya pada saat STC (*Standard Test Conditions*) sebesar 10.03 Watt, artinya daya tersebut adalah daya ideal sebuah panel surya 10 WP. Dari data diatas juga dapat dilihat

bahwa nilai  $V_{oc}$  paling tinggi adalah pada saat jam 12.00 WIB sebesar 19,46 dengan nilai irradiansi sebesar  $937 \text{ W/m}^2$ .

Tabel III. Hasil pengukuran dan perhitungan daya maksimal panel surya 10 Wp

Jam (WIB)	Irradiansi ( $\text{W/m}^2$ )	$V_{oc}$ (V)	$I_{sc}$ (A)	Fill Factor	$P_{out}$ (W)
STC	1000	20,79	0,6	0,80	10,03
10.00	868	18,23	0,6	0,79	8,70
11.00	902	18,84	0,6	0,79	9,04
12.00	937	19,46	0,6	0,80	9,39
13.00	918	19,12	0,6	0,80	9,20

Setelah dilakukan percobaan tanpa beban, kemudian panel surya dibebankan dengan beban berupa resistor  $56 \Omega$  dan  $100 \Omega$ . Jeda waktu dalam pergantian beban resistor dari  $56 \Omega$  ke  $100 \Omega$  adalah 10 detik. Setelah dilakukan pengukuran, maka didapatkan hasil tegangan dan arus seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV.

Tabel IV. Hasil pengukuran tegangan dan arus panel surya menggunakan resistor

Jam (WIB)	Resistor ( $\Omega$ )	$V_{oc}$ (V)	$V_{load}$ (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	56	18,23	14,52	0,31	5,38
	100	18,23	17	0,19	3,61
11.00	56	18,84	15,15	0,33	6,09
	100	18,84	17,6	0,18	3,24
12.00	56	19,46	15,73	0,33	6,09
	100	19,46	18,25	0,2	4
13.00	56	19,12	15,39	0,33	6,09
	100	19,12	17,96	0,19	3,61

Dari Tabel IV di atas dapat dilihat bahwa pada jam 11.00 WIB sampai dengan jam 13.00 WIB dengan percobaan nilai resistor  $56 \Omega$  daya output panel surya paling tinggi adalah sebesar  $6,09 \text{ W}$  yang didapatkan pada jam 11.00, 12.00 dan 13.00 dan daya output panel surya paling rendah adalah sebesar  $3,24 \text{ W}$  pada jam 11.00 WIB dengan hambatan  $100 \Omega$ .

### 3.3 Pengujian Generator Piko Hidro

Pengujian generator piko hidro dimulai saat kran air pada pipa outlet dibuka dan pengukuran antara arus dan tegangan generator dilakukan secara bergantian dengan menggunakan satu buah multimeter digital. Pengujian dilakukan pada salah satu generator dengan beban Resistor  $56 \Omega$  dan  $100 \Omega$  dengan hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel V.

Dari kedua pengujian penggunaan beban resistor tersebut dapat dihitung daya yang dihasilkan oleh satu buah generator piko hidro dengan beban resistor  $56 \Omega$  adalah sebesar  $1,9 \text{ W}$  dan generator piko hidro dengan beban resistor  $100 \Omega$  sebesar  $1,42 \text{ W}$ . Nilai daya yang dihasilkan generator piko hidro kecil dikarenakan pada saat pembebanan beban membuat putaran generator semakin lambat, hal ini dikarenakan adanya pembebanan resistor yang lebih besar nilainya.

Tabel V. Hasil pengukuran tegangan dan arus generator piko hidro

Tekanan (kPa)	Resistor ( $\Omega$ )	Tegangan (V)	Arus (mA)
19,6	56	9,36	203

---

100                      9,36                      152

---

### 3.4 Pengujian Output PLTH PV-Hydro

Pengujian output PLTH PV-Hydro dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besaran nilai tegangan, arus dan daya yang dapat dihasilkan oleh kedua sumber pembangkit listrik yang setelah digabungkan secara paralel. Dari hasil pengujian dapat diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel VI.

Tabel VI. Hasil pengukuran

Jam (WIB)	Beban			
	Resistor 56 $\Omega$		Resistor 100 $\Omega$	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
10.00	11,7	0,2	11,8	0,11
11.00	11,9	0,21	12,1	0,12
12.00	12,6	0,25	12,8	0,12
13.00	12,4	0,22	12,6	0,11

Dari data Tabel. VI diatas dapat dilihat bahwa sesuai dengan hukum ohm, semakin kecilnya suatu nilai resistor maka arus akan semakin tinggi dan tegangan semakin rendah. Hal ini dibuktikan pada jam 12.00 WIB saat pengujian pada resistor 56  $\Omega$  didapatkan daya sebesar 3,15 Watt dan pada saat menggunakan resistor 100  $\Omega$  didapatkan daya sebesar 1,53 Watt. Kemudian dari data di atas (Tabel. VI) juga dapat dianalisa bahwa rata-rata daya dihasilkan oleh PLTH dari jam 10.00 WIB sampai 13.00 WIB dengan nilai resistansi yang sama yaitu sebesar 2,67 Watt pada beban resistor 56  $\Omega$ , kemudian dengan beban resistor 100  $\Omega$  didapatkan daya sebesar 1,41 Watt.

Setelah dilakukan percobaan menggunakan beban resistor, selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan beban lampu LED 5 Watt, dimana output arus, tegangan dan daya PLTH PV-Hydro ditunjukkan pada Tabel VII.

Tabel VII. Output PLTH PV-Hydro beban lampu

Beban	Pengukuran			
	$V_{oc}$ PV + PICO (V)	$I_{load}$ (A)	$V_{load}$ (V)	Daya (W)
Lampu LED 5 Watt	12,07	0,41	11,69	5

Selanjutnya pada PLTH PV-Hydro dilakukan pengujian charging pembebanan menggunakan baterai VRLA 12V 5Ah sehingga diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel VIII.

Tabel VIII. Hasil charging baterai menggunakan PLTH PV-Hydro

Waktu (WIB)	Tegangan Charging (V)	Arus (A)	Tegangan Baterai (V)
10.00	12,23	0,51	11,95
11.00	12,31	0,54	12,09
12.00	12,41	0,56	12,16
13.00	12,53	0,53	12,52

14.00	12,96	0,48	12,9
15.00	13,37	0,46	13,35
16.00	13,55	0,45	13,5

Dari Tabel VIII di atas dapat dilihat bahwa proses charging dimulai pada pukul 10.00 WIB dengan tegangan baterai masih tersisa sebesar 11,95 V, sehingga tegangan baterai dalam waktu 6 jam dapat mencapai 13,5 V (*Standby Use Voltage*) dengan arus rata-rata sebesar 0,5 A. Untuk mengetahui lama waktu penggunaan baterai terhadap beban lampu 5 Watt dapat sebagai berikut:

$$I = \frac{5 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$I = 0,41 \text{ A}$$

$$t = \frac{5 \text{ Ah}}{0,41 \text{ A}}$$

$$t = 12,19 \text{ jam} - 20\% \text{ efisiensi baterai}$$

$$t = 9,752 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan lama pemakaian baterai terhadap beban lampu LED 5 Watt yaitu selama 9,52 jam, maka PLTH PV-Hydro dapat dinyatakan layak mengisi daya baterai dan digunakan untuk melayani beban lampu DC 5W dengan lama waktu efektif pelayanan selama ±5 jam per hari.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil menghasilkan prototipe alat Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) PV-Hydro menggunakan tangki water reservoir untuk pengaplikasian pengisian baterai VRLA 12V 5 Ah dan pembebanan lampu DC 5 Watt. Total Daya yang mampu dihasilkan oleh PLTH PV-Hydro dengan penggabungan baterai VRLA 12V DC berkapasitas 5Ah adalah sebesar 5,32 Watt dengan menggunakan beban lampu 5 Watt. Daya yang mampu dihasilkan panel surya pada pengujian dengan beban resistor 56 Ω paling tinggi adalah sebesar 6,09 W pada jam 11.00, 12.00 dan 13.00 WIB dan daya yang dihasilkan oleh satu buah generator piko hidro dengan beban resistor 56 Ω adalah sebesar 1,9 W dan generator piko hidro dengan beban resistor 100 Ω sebesar 1,42 W. Lama durasi waktu pengecasan baterai VRLA 12V DC berkapasitas 5Ah dari kondisi baterai tersisa 11,95 V sampai penuh (13,5V) adalah selama 6 jam dan dapat dinyatakan layak untuk untuk melayani beban lampu DC 5 Watt dengan lama waktu pelayanan efektif selama ±5 jam per hari.

#### REFERENSI

- [1] T. Shantika and L. Hartawan, "Perancangan konsep Pembangkit Listrik Hybrid Solar PV-Hydro," *Semin. Nasional-XVI ISSN*, pp. 16–24, 2017.
- [2] S. Hani, G. Santoso, and M. Wahyu Firmansyah, "Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Solar Cell dan Pico Hydro di Dusun Wukirsari," *J. Appropriate Technol. Community Serv.*, vol. 2, no. 1, pp. 15–23, 2021, doi: 10.20885/jattec.vol2.iss1.art3.
- [3] 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.
- [4] S. Barus, S. Aryza, P. Wibowo, S. Anisah, and Hamdani, "Rancang Bangun Pemanfaatan Aliran Tandon Air Gedung Bertingkat Sebagai Pembangkit Listrik Mikro Hidro," *Soc. Sci. Eng. Humanoria*, pp. 29–42, 2020.
- [5] R. Sianipar, "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *JETri*, vol. 11, no. 2, pp. 61–78, 2014.

- [6] Z. Iqtimal and I. Devi, "Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air," *Kitektro*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [7] P. S. Ningsih, "Pengukuran Tegangan, Arus, Daya pada Prototype PLTS Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *SainETIn*, vol. 5, no. 1, pp. 8–16, 2020, doi: 10.31849/sainetin.v5i1.4370.
- [8] P. G. Chamdareno, E. Nuryanto, and E. Dermawan, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Panel Surya dan Diesel Generator) pada Kapal KM. Kelud," *Resist. (elektRonika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 2, no. 1, p. 59, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.59-64.
- [9] H. Prasetijo, H. P. Widhiatmoko, P. S. Nugroho, H. Prasetijo, H. P. Widhiatmoko, and P. S. Nugroho, "Transfer Pengetahuan Pembuatan Pembangkit Listrik Knowledge Transfer For Making Pycohidro Power Plant Dusun Siwarak Desa Watuagung Provinsi Jawa Tengah Terletak Pada 70 Lintang Selatan Kesatuan Pemangkuan Hutan ( KPH ) Karena Terpisahkan Oleh Hutan Pinus," *J. Pengabd. dan Pemberdaya. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 33–38, 2019.
- [10] Y. Prabowo, S. B. N. Nazori, and G. Gata, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pmlth) Pada Saluran Irigasi Gunung Bunder Pamijahan Bogor," *J. Ilm. FIFO*, vol. 10, no. 1, p. 41, 2018, doi: 10.22441/fifo.v10i1.2939.