

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID PANEL SURYA DAN MIKROHIDRO TIPE CROSSFLOW BERBASIS IoT

Savira Yuliani; Umi Fadlilah
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Di Indonesia, permasalahan pada listrik bukan hanya soal menipisnya sumber energi konvensional, tetapi juga soal pendistribusian listrik yang kurang merata dikarenakan sumber daya alamnya belum dimanfaatkan secara maksimal. Adanya pengembangan pembangkit listrik energi terbarukan yang memiliki potensi besar, seperti tenaga matahari, angin, air, gelombang laut dan lainnya, dapat mengantisipasi keterbatasan energi konvensional dan permasalahan yang ada. Energi terbarukan adalah sumber daya energi yang diperoleh dari sumber alam yang dapat diperbaharui atau diperbarui dalam jangka waktu yang relatif singkat. Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi adalah energi mikrohidro dan surya. Pada penelitian ini sumber daya alam yang dipakai yaitu meliputi air dan sinar matahari yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik hybrid (PLTH). PLTH yang digunakan meliputi gabungan dari Mikrohidro (PLTmH) dan juga panel surya (PLTS). Penelitian ini menggunakan pengukuran dari sensor yang akan terhubung dengan IoT. Hasil dari keluarannya dapat dimonitor melalui smartphone agar memudahkan dalam mengamati hasil tegangan dan arus dari pembangkit listrik yang digunakan. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa selisih antara alat ukur dan pembacaan sensor sangat kecil, sehingga nilai error pada pengujian tidak menyentuh angka 5%. Pada pengujian selama tiga hari berturut-turut dapat diambil rata-rata nilai keluaran. PLTS memiliki keluaran tertinggi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai tegangan 14,55 V, arus 2,29 A dan daya sebesar 33,411 W. Kemudian pada PLTmH, rata-rata keluaran selama tiga hari menghasilkan nilai tegangan dan arus tertinggi pada pukul 20.00 WIB dengan nilai tegangan sebesar 12,99 V, arus 0,91 A, dan daya sebesar 11,83 W.

Kata kunci : Energi Terbarukan, IoT, PLTH, PLTmH, PLTS

Abstract

In Indonesia, the problem with electricity is not only about the depletion of conventional energy sources, but also about the uneven distribution of electricity because natural resources have not been utilized optimally. The development of renewable energy power plants that have great potential, such as solar, wind, water, sea waves and others, can anticipate the limitations of conventional energy and existing problems. Renewable energy is an energy resource obtained from natural sources that can be renewed or renewed in a relatively short period of time. One of the renewable energy sources that has great potential is microhydro and solar energy. In this study, the natural resources used include water and sunlight that can be used as hybrid power plants (PLTH). The PLTH used includes a combination of Microhydro (PLTmH) and solar panels (PLTS). This research uses measurements from sensors that will be connected to IoT. The results of the output can be monitored through a smartphone to make it easier to observe the voltage and current results of the power plant used. From the test results, it can be concluded that the difference between the measuring instrument and the sensor reading is very small, so the error value in the test does not touch 5%. In the test for three consecutive days, the average output value can be taken. The solar power plant has the highest output at 12.00 WIB with a voltage value of 14,55 Volts, a current of 2,29 Ampere and a power of 33,411 Watts. Then in PLTmH, the average output

for three days produced the highest voltage and current values at 20.00 WIB with a voltage value of 12,99 Volts, Current 0,91 Ampere, and power of 11,83 Watts.

Keywords : Renewable Energy, IoT, PLTH, PLTmH, Solar Power Plant

1. PENDAHULUAN

Universitas Muhammadiyah Surakarta merupakan salah satu perguruan tinggi Muhammadiyah yang mengemban misi keislaman. Namun tidak hanya tentang wacana keilmuan dan keislaman, di Universitas Muhammadiyah Surakarta juga dituntut untuk menyebarkan dan mengembangkan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni sebagai bagian dari ibadah kepada Allah sehingga dapat menghasilkan lulusan yang sangat berkompeten terutama dalam bidang teknologi dan digital. Pengenalan teknologi baru harus mulai dilakukan dalam proses kegiatan belajar mengajar pada mahasiswa baru agar mampu menjadi kader yang siap dalam menghadapi dunia di era teknologi dan digital. Kualitas dalam belajar mengajar dapat memengaruhi hasil belajar peserta didik. Oleh karena itu, salah satu faktor yang dapat mendukung hasil belajar yang berkualitas pada mahasiswa adalah dengan ketersediaan prototipe.

Pada zaman perkembangan teknologi saat ini, listrik merupakan kebutuhan yang harus terpenuhi dalam kehidupan sehari-hari. Bahan bakar minyak sebagai sumber utama energi dunia, saat ini mempunyai cadangan yang terbatas dengan tingkat konsumsi yang terus menerus meningkat dari tahun ke tahun. Sehingga Indonesia harus mengembangkan energi terbarukan non-fosil berasal dari alam, yang bisa dipakai terus menerus karena jumlahnya tidak terbatas. Negara Indonesia sangat luas dan masih banyak daerah-daerah pedalaman yang belum sama sekali terjangkau jaringan listrik (IGS Widharma et al, 2021).

Sumber daya alam di Indonesia sangat melimpah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik. contoh pembangkit listrik yang menggunakan sumber daya alam adalah Pembangkit listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTmH). PLTS merupakan konversi dari energi surya menjadi energi listrik. Cara kerja dari PLTS adalah panel surya akan menyerap sinar matahari kemudian menghasilkan arus listrik DC yang nantinya akan disalurkan ke Solar Charge Controller (SCC). Salah satu fungsi dari SCC adalah mengatur arus DC yang akan masuk menuju baterai. Kemudian PLTmH merupakan konversi dari energi gerak menjadi energi listrik. Cara kerja dari PLTmH adalah turbin air yang berputar akan terhubung pada generator, lalu menghasilkan energi listrik yang berarus DC yang nantinya akan terhubung pada SCC dan baterai.

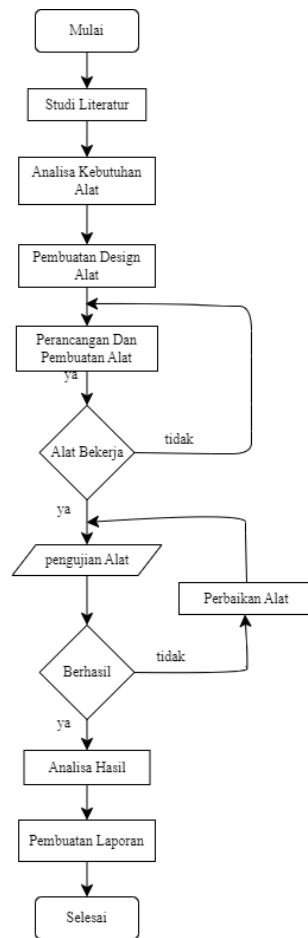
Penggabungan dari kedua sumber energi ini dapat memberikan ketersediaan energi yang efisien secara berkelanjutan. Selain itu penggunaan sumber energi panel surya dan Mikrohidro mudah dimanfaatkan di berbagai lokasi dan ramah lingkungan. Dengan menggabungkan panel surya dan

Mikrohidro dalam sistem hybrid, dapat meningkatkan keandalan pasokan energi. Ketika cuaca mendukung, panel surya dapat menghasilkan listrik, sementara pada kondisi cuaca yang kurang bagus, maka sistem mikrohidro dapat mengambil alih untuk energi listrik. Selain itu karena pada saat ini sudah era teknologi dan digital, maka kita juga dapat memonitoring keadaan panel surya dan mikrohidro dengan pengaplikasian IoT.

Pengaplikasian IoT pada sistem pembangkit ini memungkinkan untuk pengoptimalan dalam pemantauan dan pengendalian secara real-time terhadap kinerja pembangkit listrik. Internet of Things (IoT) merupakan perkembangan keilmuan yang menjanjikan untuk mengoptimalkan dalam kehidupan yang mana mampu memindahkan data melalui jaringan. Sehingga interaksi manusia langsung dengan komputer menjadi satu arah (Karisma, 2020). Dengan demikian peneliti berinisiatif untuk mengembangkan suatu alat yang dapat memonitor dan mengendalikan dari kinerja pembangkit. Tujuan dari peneliti menciptakan alat ini adalah untuk menciptakan solusi yang dapat memberikan informasi data yang akurat dan terintegrasi, serta akan memudahkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan alat melalui IoT.

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan mengamati secara langsung keluaran dari panel surya PLTS dan generator PLTMH menggunakan alat ukur, sensor, dan *IOT*. Beberapa parameter yang dapat diamati yaitu tegangan dan arus dari PLTS, PLTMH, PLTH, kapasitas baterai, intensitas cahaya, dan rpm dari PLTMH.



Gambar 1. Digram Alir Metode Penelitian

2. 1 Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini merupakan sebuah tahap penelitian yang dilakukan untuk mengumpulkan dan menganalisis dari berbagai sumber literatur yang relevan dengan topik atau masalah penelitian yang diambil. Tujuan dari studi literatur tersebut adalah untuk memahami perkembangan penelitian terkini dalam bidang yang sesuai dengan topik.

2. 2 Tahap Analisis Kebutuhan Alat

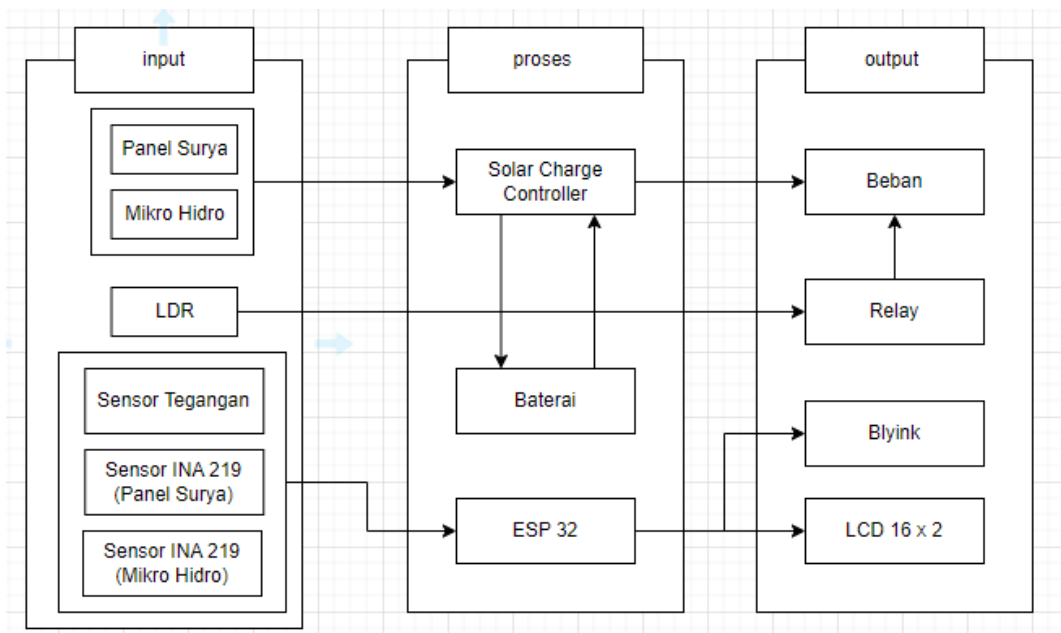
Analisis kebutuhan alat dan bahan merupakan hal yang penting sebelum melakukan perencanaan perangkat keras, dikarenakan setiap alat dan bahan sangat mempengaruhi kinerja saat terintegrasi antara perangkat keras dengan perangkat lunak. Hasil analisis akan dijadikan acuan untuk pembuatan pembangkit listrik tenaga hybrid panel surya dan mikrohidro tipe crossflow untuk menghidupkan lampu otomatis berbasis IoT.

2. 3 Tahap Pembuatan Design Alat

Tahap pembuatan desain alat adalah proses di mana konsep atau ide awal sebuah alat dikembangkan menjadi rancangan yang lebih terperinci dan teknis. Ini melibatkan langkah-langkah seperti perencanaan, penggambaran, pemodelan, dan penyesuaian desain agar sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang diinginkan. Dalam tahap ini sangat penting karena dapat menghasilkan desain yang fungsional, efisien, dan sesuai dengan standar teknis yang berlaku.

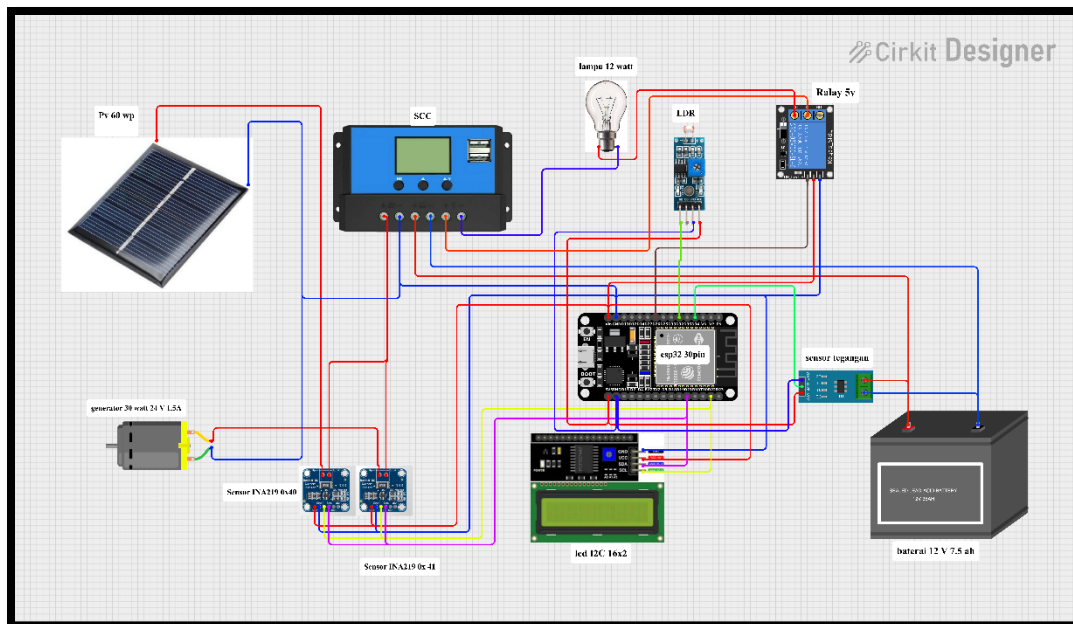
2. 4 Tahap Perancangan Dan Pembuatan Alat

Dari hasil analisis pada tahap sebelumnya, akan dibuat sebuah desain sistem yang digunakan dalam penelitian ini. Setelah mendapatkan komponen-komponen yang dibutuhkan, akan dibuat sebuah rancangan sistem yang mengintegrasikan pembangkit listrik tenaga hybrid panel surya dan mikrohidro tipe crossflow untuk menghidupkan lampu otomatis berbasis IoT. Dapat dilihat pada Gambar 2. blok diagram pembangkit listrik tenaga hybrid ini adalah penggabungan dari dua pembangkit yaitu PLTS dan PLTmH, dimana pembangkit ini nantinya akan terhubung pada SCC untuk mengontrol sistem charging ke baterai. Jenis SCC yang digunakan yaitu Maximum Power Point Tracking (MPPT). Maximum Power Point Tracking (MPPT) merupakan sebuah rangkaian sistem elektronika yang dioperasikan pada sebuah PV sehingga dapat menghasilkan power maksimal, karena MPPT lebih efisien 90% dari pada SCC biasa (Dhena & Ahmad, 2023). Kemudian parameter keluaran dari PLTS dan PLTmH akan dibaca oleh sensor INA 219, lalu sensor tegangan untuk membaca tegangan pada baterai. Setelah itu, hasil pembacaan dari sensor akan masuk pada ESP 32 yang nanti hasilnya akan muncul melalui Blynk IoT dan LCD 16 X 2.



Gambar 2. Blok diagram pembangkit listrik tenaga hybrid

Implementasi rangkaian hardware ini dapat dilihat pada Gambar 3. Rangkaian listrik dengan sistem monitoring dihubungkan sesuai dengan sistem yang telah dibuat.



Gambar 3. Diagram Pengkabelan

2. 5 Tahap Pengujian Alat

Pengujian alat ini merupakan pengujian dari seluruh sistem yang bertujuan untuk mengetahui alat tersebut bekerja dengan baik sesuai perencanaan yang telah dibuat. Pada pengujian ini diamati keluaran dari tegangan dan arus yang nantinya akan terbaca pada LCD I2C kemudian untuk outputnya yaitu lampu akan dioperasikan melalui smartphone.

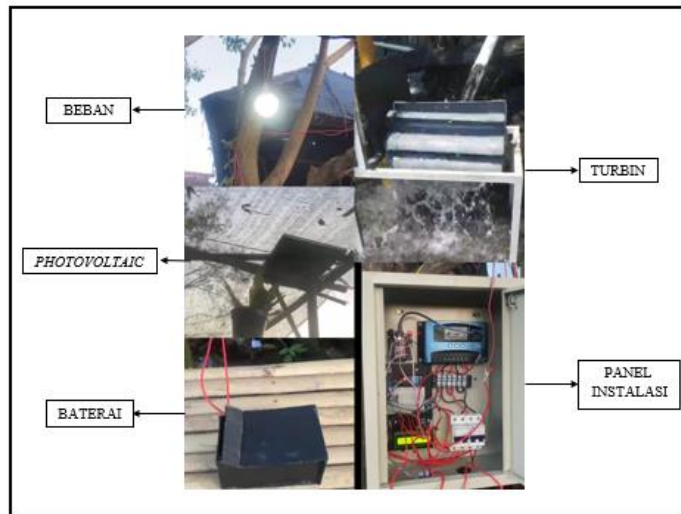
2. 6 Pembuatan Laporan

Tahap pembuatan laporan merujuk pada proses menyusun laporan secara sistematis berdasarkan data dan informasi yang telah dikumpulkan. Ini meliputi langkah-langkah seperti perencanaan, pengumpulan data, analisis, penulisan, dan penyajian hasil. Tujuan utamanya adalah untuk menyajikan informasi yang relevan, akurat, dan mudah dipahami kepada pemangku kepentingan tertentu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Realisasi Alat

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) adalah gabungan dari PLTS dan PLTMH dimana jenis mikrohidro yang digunakan yaitu Turbin crossflow dan dihubungkan pada generator DC 30 watt. Prinsip kerja pada sistem pembangkit ini yaitu menggunakan SCC yang berfungsi untuk mengontrol sistem charging pada baterai. Output yang dikeluarkan oleh dua pembangkit ini nantinya akan dibaca oleh sensor INA 219 dan diproses oleh ESP32. Lalu sistem ini juga menggunakan sensor tegangan untuk membaca tegangan pada baterai. Selanjutnya sistem ini akan dimonitor melalui dua monitor yaitu secara manual dengan menggunakan LCD 16x2 dan secara IOT menggunakan aplikasi Blynk melalui Handphone dan dapat dilihat pada Gambar 3.1 Rangkaian Hardware.



Gambar 4. Rangkaian Hardware

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

Parameter Spesifikasi	Keterangan
<i>Model</i>	MS60M-72
<i>Rated Maximum Power</i>	60 W
<i>Voltage at Power (Vmp)</i>	18.2V
<i>Current at Power (Imp)</i>	3.34A
<i>Open-Circuit Voltage (Voc)</i>	21.51V
<i>Short-Circuit Current (Isc)</i>	3.59A
<i>Normal Operating Cell Temp(NOCT)</i>	47±2°C
<i>Maximum System Voltage</i>	1000V DC
<i>Maximum Series Fuse Rating</i>	10A
<i>Operating Temperature</i>	-40 to + 85o C

Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan panel surya dengan tipe monokristalin yang bermodel MS60M-72 dan memiliki rating 60 Wp. Nilai tegangan maksimal tanpa beban pada panel ini adalah 18,2 Volt dan arus hubung singkat sebesar 3,34 Ampere. nilai tegangan maksimal dengan beban akan menghasilkan tegangan dengan nilai 21,51 Volt dan arus maksimalnya dengan nilai 3,59 Ampere.

Tabel 2. Spesifikasi Generator DC

Parameter Spesifikasi	Keterangan
<i>Tipe</i>	DC Generator
<i>Model</i>	ZYT3424
<i>Rating Daya</i>	30W
<i>Rating Tegangan</i>	24V
<i>Rating Arus</i>	1,5A

<i>Rating Kecepatan</i>	500rpm
<i>Shaft/Poros</i>	8 mm

Generator yang digunakan penelitian ini memiliki tipe DC generator dengan model ZYT3424. Maksimal daya generator ini sebesar 30 Watt. Kemudian tegangan yang dihasilkan berkisar 24V - 30V dengan rating arus sebesar 1,5 A pada kecepatan 500 rpm.

Tabel 3. Spesifikasi Turbin

Parameter Spesifikasi	Keterangan
Jenis Turbin	<i>Crossflow</i>
Panjang Turbin	40cm
<i>Blade</i>	8 ulir
Panjang Dudukan Turbin	50cm

3.2 Sistem Monitoring

Sistem monitoring dan pengendalian ini digunakan untuk mengetahui daya dari dua pembangkit dan untuk mengendalikan kondisi lampu dengan berbasis ESP32 yang diprogram dengan software Arduino dan dapat dipantau dengan jarak jauh menggunakan aplikasi Blynk. Pada program ini menggunakan beberapa sensor yaitu 2 buah sensor INA 219. sensor INA 219 yang pertama digunakan untuk mengetahui keluaran tegangan dan arus dari generator sedangkan untuk sensor INA 219 yang kedua digunakan untuk mengetahui keluaran tegangan dan arus dari panel surya. Sensor tegangan digunakan untuk mengetahui nilai tegangan baterai. Sensor ldr digunakan untuk mengetahui intensitas cahaya. Relay digunakan untuk mengendalikan kondisi lampu. Seteah itu hasil pembacaan akan ditampilkan pada serial monitor, layer LCD 16x2 dan pada tampilan Blynk.

```

03.ino
1  #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6k1tJhBik"
2  #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Tugas Akhir Savira"
3  #define BLYNK_AUTH_TOKEN "YT401F1EPB2CNPkAS89Z90Rhw-dvp9qg"
4
5  #include <Adafruit_INA219.h>
6  #include <WiFi.h>
7  #include <WiFiClientSecure.h>
8  #include <BlynkSimpleEsp32.h>
9  #include <Wire.h>
10 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
11
12 #define BLYNK_PRINT Serial
13 #define sensor_pin 34
14 #define LDR_PIN 32 // Pin analog untuk LDR
15 #define RELAY_PIN 26 // Pin digital untuk Relay
16
17 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
18 char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
19 char ssid[] = "moo";
20 char pass[] = "01234567890";
21 // char ssid[] = "Wisma Arsyia 2 Bawah";
22 // char pass[] = "arsya2dong";
23 // char ssid[] = "Kost Viona";
24 // char pass[] = "Viona#123";
25 // char ssid[] = "UMS WiFi";
26 // char pass[] = "ums.wifi";
27
28 //SENSOR TEGANGAN DAN ARUS GENERATOR
29 const int INA_addr_1 = 0x40; // Alamat INA219
30 float tegangan_1 = 00;
31 float arus_gen = 00; // diukur dalam m111Amper

```

Gambar 5. Script Program Monitoring



Gambar 6. Tampilan Blynk

Hasil Pengukuran Keluaran Panel Surya dan Mikrohidro

Pada proses penelitian ini dilakukan pengukuran berbasis alat ukur dan sistem monitoring pada sensor. Keluaran yang akan diukur adalah keluaran photovoltaic, generator yang dihasilkan turbin dan beban. Rumus menentukan nilai akurasi dan rata – rata error, dapat diketahui dari Persamaan 1 dan 2

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Nilai rata-rata error} \quad (1)$$

Nilai *error* dapat diperoleh dari Persamaan 2.

$$\text{Rata – rata error} = \frac{\text{nilai alat ukur} - \text{nilai sensor}}{\text{pengukuran alat ukur}} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 4. Hasil pengujian PLTS dan PLTMH menggunakan alat ukur dan sensor pada hari pertama

Waktu	LUX	PENGUJIAN PLTS						PENGUJIAN PLTMH						RPM
		Alat Ukur			Sensor			Alat Ukur			Sensor			
		V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	
09,00	770	13,4	1,08	14,47	13,4	1,1	14,74	12,25	0,15	1,83	12,25	0,14	1,71	233
10,00	778	13,5	1,12	15,12	13,55	1,1	14,92	12,32	0,22	2,71	12,3	0,21	2,58	245
11,00	788	13,6	1,54	20,94	13,58	1,54	20,91	12,35	0,25	3,08	12,36	0,23	2,84	250
12,00	835	14,35	2,1	30,13	14,35	2,11	30,27	12,4	0,3	3,72	12,4	0,29	3,59	255
13,00	815	14	1,95	27,3	14,0	1,95	27,3	12,5	0,4	5	12,4	0,4	4,99	265

				3	5			8						
14,00	761	13,9	1,8	25,0 2	13,9	1,78	24,7 4	12,3 8	0,35	4,33	12,3 9	0,33	4,08	250
15,00	742	13,3	1,5	19,9 5	13,4 8	1,45	19,5 4	12,4 5	0,38	4,73	12,4 5	0,36	4,48	260
16,00	689	12,8	0,88	11,2 6	12,7 8	0,86	10,9 9	12,5 8	0,55	6,91	12,5 9	0,54	6,79	270
17,00	364	12,2	0,56	6,83	12,3	0,58	7,13 4	12,5 5	0,5	6,27	12,5 5	0,48	6,02	265
18,00	0	0	0	0	0	0	0	12,7	0,75	9,52	12,6 8	0,74	9,38	280
19,00	0	0	0	0	0	0	0	12,8 5	0,8	10,2 8	12,8 5	0,81	10,4 0	295
20,00	0	0	0	0	0	0	0	13,1	0,95	12,4 4	13,0 8	0,95	12,4 2	315

Pada Tabel 4 merupakan pengukuran dari hasil keluaran PLTS dan PLTmH menggunakan alat ukur dan pembacaan dari sensor INA 219. Sedangkan untuk membaca nilai PLTH yaitu dengan menjumlahkan nilai tegangan, arus, dan daya dari kedua sumber menggunakan rumus yang telah dimasukkan ke program. Lalu untuk pembacaan keluaran baterai menggunakan alat ukur dan sensor tegangan. pada perbandingan pengukuran PLTS menggunakan alat ukur dan sensor INA 219 dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan dan arus tertinggi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai tegangan 14,35 V dan arus 2,1 A serta nilai daya tertinggi PLTS berada pada pukul 12.00 WIB dengan nilai sebesar 30,135 W. Nilai puncak tertinggi pada intensitas cahaya juga berada pada pukul 12.00 WIB dengan nilai sebesar 835 lux. Pada perbandingan pengukuran PLTmH dengan alat ukur dan sensor INA 219 dapat disimpulkan nilai tegangan dan arus tertinggi pada pukul 20.00 WIB dengan nilai tegangan 13,1 V dan arus 0,95 A serta nilai daya tertinggi PLTmH berada pada pukul 20.00 WIB dengan nilai sebesar 12,445 W dan rpm terbesar pada pukul 20.00 WIB sebesar 315 rpm.

Tabel 5. Hasil pengujian PLTH, Baterai, dan Beban menggunakan alat ukur dan sensor pada hari pertama

Waktu	PENGUJIAN PLTH			PENGUJIAN BEBAN			BATT	
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	Alat Ukur (V)	Sensor (V)
09,00	25,65	1,24	16,45	-	-	-	12,1	12,1
10,00	25,85	1,1	17,48	-	-	-	12,18	12,18
11,00	25,94	1,77	23,75	-	-	-	12,32	12,3
12,00	26,75	2,4	33,87	-	-	-	12,52	12,49
13,00	26,51	2,35	32,35	-	-	-	12,56	12,55
14,00	26,29	2,11	28,83	-	-	-	12,7	12,69
15,00	25,93	1,81	24,02	-	-	-	12,74	12,73
16,00	25,37	1,4	17,78	-	-	-	12,69	12,67
17,00	24,85	1,06	13,15	-	-	-	12,67	12,65
18,00	12,68	0,74	9,38	12	0,94	11,28	12,5	12,5
19,00	12,85	0,81	10,40	12	0,96	11,52	12,43	12,47
20,00	13,08	0,95	12,42	12	0,97	11,64	12,39	12,4

Tabel 5. Hasil pengujian PLTH, Baterai, dan Beban menggunakan alat ukur dan sensor pada hari pertama. Pada perhitungan PLTH merupakan hasil penjumlahan dari pembacaan sensor INA219 yang terhubung pada sumber panel surya dan mikrohidro, titik puncak tertinggi tegangan dan arus pada pukul 12.00 WIB dengan nilai tegangan 26,75 V dan arus 2,4 A serta daya sebesar 33,87 W. Pengukuran baterai menggunakan alat ukur dan sensor tegangan menghasilkan nilai tegangan dengan selisih yang sedikit. Hasil pengukuran pada beban, nilai tegangan, arus, dan daya akan terbaca ketika malam hari, karena beban dibuat secara otomatis dimana jika masih mendeteksi sinar matahari, maka lampu tidak akan menyala tetapi jika matahari telah terbenam, maka lampu akan otomatis menyala.

Tabel 6. Galat pengukuran PLTS, PLTmH, dan Baterai hari pertama

waktu	PLTS						PLTmH						Baterai		
	Selisih			Galat			Selisih			Galat			Selisih	Galat	
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	V (V)	
09,00	0	0,02	0,26	0	1,85	1,8	0	0,01	0,12	0	6,6	6,6	0	0	
10,00	0,05	0,02	0,21	0,37	1,78	1,42	0,02	0,01	0,12	0,16	4,5	4,7	0	0	
11,00	0,02	0	0,03	0,14	0	0,14	0,01	0,02	0,24	0,08	8	7,92	0,02	0,16	
12,00	0	0,01	0,14	0	0,47	0,47	0	0,01	0,12	0	3,33	3,33	0,03	0,23	
13,00	0,03	0	0,05	0,21	0	0,21	0,02	0	0,0	0,16	0	0,16	0,01	0,079	
14,00	0	0,02	0,27	0	1,1	1,1	0,01	0,02	0,24	0,08	5,7	5,63	0,01	0,078	
15,00	0,18	0,05	0,40	1,35	3,3	2,02	0	0,02	0,24	0	5,26	5,26	0,01	0,784	
16,00	0,02	0,02	0,27	0,15	2,27	2,42	0,01	0,01	0,12	0,07 9	1,8	1,74	0,02	0,15	
17,00	0,1	0,02	0,3	1,8	3,57	4,42	0	0,02	0,25	0	4	4	0,02	0,157	
18,00	0	0	0	0	0	0	0,02	0,01	0,14	0,15	1,33	1,45	0	0	
19,00	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,12	0	1,25	1,25	0,04	0,32	
20,00	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0,01	0,15	0	0,15	0,01	0,08	
Rata-rata	0,03	0,01	0,164	0,33	1,19	1,16	0,00 9	0,01	0,14	0,07	3,48	3,51	0,014	0,16	
Akurasi				99,66	98,8 0	98,833				Akurasi	99,9 2	96,52	96,48	99,98	99,83

Dari hasil keluaran PLTS, PLTmH dan Baterai pada hari pertama, dapat disimpulkan bahwa rata rata dari selisih pengukuran antara alat ukur dan pembacaan sensor INA21 untuk PLTS memiliki tegangan dengan nilai 0,03 dan arus 0,01 serta daya sebesar 0,16. Kemudian untuk rata-rata keluaran PLTmH nilai selisih antara alat ukur dan pembacaan sensor INA219 memiliki tegangan 0,009 dan arus 0,01 serta daya sebesar 0,14. Pada rata rata dari selisih pengukuran antara alat ukur dan pembacaan sensor tegangan adalah sebesar 0,01. Lalu untuk nilai galat pada pengukuran PLTS, PLTmH, dan baterai pada hari pertama memiliki nilai yang akurat dengan akurasi pada tegangan PLTS sebesar 99,66%, arus PLTS sebesar 98,80%, Daya PLTS sebesar 98,83% dan tegangan PLTmH sebesar 99,92%, arus sebesar 96,52%, daya sebesar 96,48%, serta pada tegangan baterai sebesar 99,83%.

Tabel 7. Hasil pengujian PLTS dan PLTmH menggunakan alat ukur dan sensor pada hari kedua

Waktu	LUX	PENGUJIAN PLTS						PENGUJIAN PLTmH						RPM
		Alat Ukur			Sensor			Alat Ukur			Sensor			
		V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	
09,00	723	12,6 7	0,74	9,37	12,6 5	0,74	9,36	12,2 9	0,17	2,08	12,2 8	0,18	2,21	233
10,00	738	13,0 2	0,95	12,36	13,0 5	0,96	12,52	12,3 1	0,22	2,70	12,3 1	0,2	2,46	243
11,00	770	13,5	1,45	19,57	13,5 8	1,45	19,69	12,3 6	0,25	3,09	12,3 7	0,24	2,96	251
12,00	854	14,5 3	2,3	33,41	14,5 3	2,28	33,12	12,4 2	0,31	3,85	12,4 1	0,3	3,72	256
13,00	823	14,1 1	1,98	27,93	14,1	1,98	27,91	12,4 7	0,39	4,86	12,4 5	0,38	4,73	256
14,00	765	13,9 5	1,85	25,80	13,9 3	1,83	25,49	12,3 7	0,25	3,09	12,3 8	0,26	3,21	252
15,00	779	13,5 5	1,65	22,35	13,5 4	1,65	22,34	12,3 4	0,25	3,08	12,3 3	0,23	2,83	249
16,00	589	12,6	0,7	8,82	12,5 7	0,68	8,54	12,4 9	0,42	5,24	12,4 7	0,41	5,11	258
17,00	385	12,5	0,61	7,62	12,5	0,63	7,8	12,5	0,49	6,12	12,5	0,46	5,75	265
18,00	0	0	0	0	0	0	0	12,7 1	0,76	9,65	12,7	0,75	9,52	280
19,00	0	0	0	0	0	0	0	12,7 5	0,78	9,94	12,7 5	0,77	9,81	284
20,00	0	0	0	0	0	0	0	13	0,94	12,22	13,0 2	0,95	12,3	314

Pada Tabel 7. Merupakan pengukuran dari hasil keluaran PLTS dan PLTmH dihari kedua. Pengambilan data masih sama dengan hari pertama. Hasil pengukuran keluaran PLTS dihari kedua nilai tegangan dan arus tertinggi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai tegangan sebesar 14,53 V dan arus 2,3 A serta daya tertinggi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai sebesar 33,41 W. Pengukuran keluaran pada PLTmH dihari kedua nilai tegangan dan arus tertinggi terjadi pada pukul 20.00 WIB dengan nilai tegangan sebesar 13 V dan arus 0,94 A serta daya tertinggi terjadi pada pukul 20.00 WIB

dengan nilai sebesar 12,22 W.

Tabel 8. Hasil pengujian PLTH, Baterai, dan Beban menggunakan alat ukur dan sensor pada hari kedua

Waktu	PENGUJIAN PLTH			PENGUJIAN BEBAN			BATT	
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	Alat Ukur	Sensor
							V (V)	V (V)
09,00	24,93	0,92	11,57	-	-	-	12,15	12,17
10,00	25,36	1,16	14,99	-	-	-	12,2	12,18
11,00	25,95	1,69	22,65	-	-	-	12,39	12,36
12,00	26,94	2,58	36,85	-	-	-	12,45	12,44
13,00	26,55	2,36	32,64	-	-	-	12,4	12,4
14,00	26,31	2,09	28,71	-	-	-	12,43	12,43
15,00	25,87	1,88	25,17	-	-	-	12,41	12,41
16,00	25,04	1,09	13,66	-	-	-	12,39	12,36
17,00	25	1,09	13,62	-	-	-	12,34	12,35
18,00	12,7	0,75	9,52	12	0,98	11,76	12,36	12,41
19,00	12,75	0,77	9,81	12	0,98	11,76	12,38	12,38
20,00	13,02	0,95	12,36	12	0,98	11,76	12,4	12,45

Tabel 8. Hasil pengujian PLTH, Baterai, dan Beban menggunakan alat ukur dan sensor pada hari kedua. Pada perhitungan PLTH merupakan hasil penjumlahan dari pembacaan sensor INA219 yang terhubung pada sumber panel surya dan mikrohidro, puncak tertinggi tegangan terjadi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai tegangan 26,94 V dan arus 2,61 A serta daya tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai sebesar 36,85 W. Nilai ukur pada baterai dihari kedua tetap konstan dengan selisih yang tidak beda jauh antara alat ukur dan sensor. Pada kondisi beban tetap sama dengan hari pertama yaitu akan hidup secara otomatis jika matahari telat tenggelam.

Tabel 9. Galat pengukuran PLTS, PLTmH, dan Baterai hari ke dua

waktu	PLTS						PLTmH						Baterai	
	Selisih			Galat			Selisih			Galat			Selisih	Galat
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	(V)	(V)
09,00	0,02	0	0,01	0,15	0	0,15	0,01	0,12	0,08	5,8	5,7	0,02	0,16	
10,00	0,03	0,01	0,15	0,23	1,05	1,28	0	0,02	0,24	0	9,09	9,09	0,02	0,16
11,00	0,08	0	0,11	0,59	0	0,59	0,01	0,01	0,12	0,08	4	3,92	0,03	0,24
12,00	0	0,02	0,29	0	0,86	0,86	0,01	0,01	0,12	0,08	3,2	3,3	0,01	0,08
13,00	0,01	0	0,01	0,07	0	0,07	0,02	0,01	0,13	0,08	2,56	2,72	0	0
14,00	0,02	0,02	0,31	0,14	1,08	1,2	0,01	0,01	0,12	0,08	4	4,08	0	0
15,00	0,01	0	0,01	0,07	0	0,07	0,01	0,02	0,24	0,16	8	8,07	0	0
16,00	0,03	0,02	0,27	0,24	2,85	3,08	0,02	0,01	0,13	0,08	2,3	2,5	0,03	0,24
17,00	0	0,02	0,25	0	3,27	3,27	0	0,03	0,37	0	6,12	6,1	0,01	0,08
18,00	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,13	0,078	1,31	1,3	0,05	0,4
19,00	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,12	0	1,2	1,2	0	0
20,00	0	0	0	0	0	0	0,02	0,01	0,14	0,15	1,06	1,2	0,05	0,4
Rata-Rata	0,01	0,007	0,12	0,12	0,75	0,88	0,01	0,01	0,17	0,07	4,31	4,09	0,01	0,14
akurasi				99,87	99,24	99,11	Akurasi			99,92	95,68	95,90	Akurasi	99,85

Tabel 9. Galat pengukuran PLTS, PLTmH, dan Baterai hari ke dua. Dari hasil galat pengukuran hari kedua, dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata dari selisih pengukuran antara alat ukur dan pembacaan sensor INA219 pada PLTS memiliki nilai tegangan 0,01 V, arus 0,007 A dan daya 0,12 W. kemudian nilai rata-rata dari selisih pengukuran antara alat ukur dan pembacaan sensor INA219 pada PLTmH memiliki nilai tegangan sebesar 0,01, arus 0,01 A, daya 0,17 W. pada nilai rata-rata dari selisih pengukuran antara alat ukur dan sensor tegangan pada baterai memiliki nilai 0,01V. kemudian untuk nilai galat pada pengukuran PLTS, PLTmH dan Baterai memiliki nilai akurat dengan akurasi tegangan PLTS sebesar 99,87%, arus 99,24%, daya 99,11%. Nilai akurasi pada PLTmH memiliki nilai akurat dengan akurasi tegangan PLTmH 99,92%, arus 95,68%, daya 95,90%. Nilai

akurasi pada baterai memiliki nilai akurat dengan akurasi sebesar 99,85%.

Tabel 10. Hasil pengujian PLTS dan PLTmH menggunakan alat ukur dan sensor pada hari ketiga

Waktu	LUX	PENGUJIAN PLTS						PENGUJIAN PLTmH						RPM
		Alat Ukur			Sensor			Alat Ukur			Sensor			
		V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	
09,00	769	13,1	1,01	13,2 3	13,1	1,01	13,2 3	12,3	0,14	1,72	12,3 1	0,14	1,72	243
10,00	770	13,5	1,45	19,5 7	13,4 8	1,45	19,5 4	12,35	0,21	2,59	12,3 4	0,2	2,46	250
11,00	795	13,6 7	1,75	23,9 2	13,6 8	1,75	23,9 4	12,39	0,24	2,97	12,3 9	0,25	3,09	252
12,00	886	14,7 9	2,48	36,6 7	14,8	2,5	37	12,4	0,32	3,96	12,4 1	0,32	3,97	255
13,00	835	14,3 5	2,1	30,1 3	14,3 5	2,11	30,2 7	12,5	0,47	5,87	12,4 7	0,45	5,61	265
14,00	779	13,5 5	1,9	25,7 4	13,5 5	1,89	25,6 0	12,47	0,39	4,86	12,4 5	0,38	4,73	256
15,00	723	13,2 5	1,75	23,1 8	13,2 6	1,75	23,2 0	12,37	0,23	2,84	12,3 5	0,21	2,59	247
16,00	645	12,7 5	0,8	10,1 6	12,7 8	0,81	10,2 8	12,43	0,36	4,47	12,4 5	0,38	4,73	260
17,00	364	12,4 5	0,55	6,84	12,4 8	0,55	6,86	12,49	0,43	5,37	12,5	0,43	5,37	259
18,00	0	0	0	0	0	0	0	12,57	0,59	7,41	12,5 7	0,6	7,54	270
19,00	0	0	0	0	0	0	0	12,78	0,79	10,09	12,7 6	0,79	10,0 8	288
20,00	0	0	0	0	0	0	0	12,89	0,84	10,82	12,8 5	0,84	10,7	293

Pada Tabel 10. merupakan pengukuran dari hasil keluaran PLTS dan PLTmH dihari ketiga. Pengambilan data masih sama dengan hari pertama dan kedua. Hasil pengukuran keluaran PLTS dihari ketiga nilai tegangan dan arus tertinggi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai tegangan sebesar 14,79 V dan arus 2,48 A serta daya tertinggi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai sebesar 36,67 Watt. Pengukuran keluaran pada PLTmH dihari kedua nilai tegangan dan arus tertinggi terjadi pada pukul 20.00 WIB dengan nilai tegangan sebesar 12,89 V dan arus 0,84 A serta daya tertinggi terjadi pada pukul 20.00 WIB dengan nilai sebesar 10,82 W.

Tabel 11. Hasil pengujian PLTH, Baterai, dan Beban menggunakan alat ukur dan sensor pada hari ketiga

Waktu	PENGUJIAN PLTH			PENGUJIAN BEBAN			BATT	
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	Alat Ukur	Sensor
							V (V)	V (V)
09,00	25,41	1,15	14,95	-	-	-	11,8	11,8
10,00	25,82	1,65	22,01	-	-	-	12	12
11,00	26,07	2	27,03	-	-	-	12,05	12,07
12,00	27,21	2,82	40,97	-	-	-	12,35	12,33
13,00	26,82	2,56	35,89	-	-	-	12,37	12,39
14,00	26	2,27	30,34	-	-	-	12,32	12,32
15,00	25,61	1,96	25,79	-	-	-	12,24	12,25
16,00	25,15	1,19	15,01	-	-	-	12,25	12,25
17,00	24,98	0,98	12,23	-	-	-	12,28	12,28
18,00	12,57	0,6	7,542	12	0,94	11,28	12,26	12,3
19,00	12,76	0,79	10,08	12	0,95	11,4	12,23	12,25
20,00	12,85	0,84	10,79	12	0,95	11,4	12,25	12,25

Tabel 11. Hasil pengujian PLTH, Baterai, dan Beban menggunakan alat ukur dan sensor pada hari ketiga. Pada perhitungan PLTH merupakan hasil penjumlahan dari pembacaan sensor INA219 yang terhubung pada sumber panel surya dan mikrohidro, puncak tertinggi tegangan terjadi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai tegangan 27, 19 V dan arus 2,8 A serta daya tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai sebesar 40,64 W. Nilai ukur pada baterai dihari kedua tetap konstan dengan selisih yang tidak beda jauh antara alat ukur dan sensor. Pada kondisi beban tetap sama dengan hari

pertama yaitu akan hidup secara otomatis jika matahari tenggelam

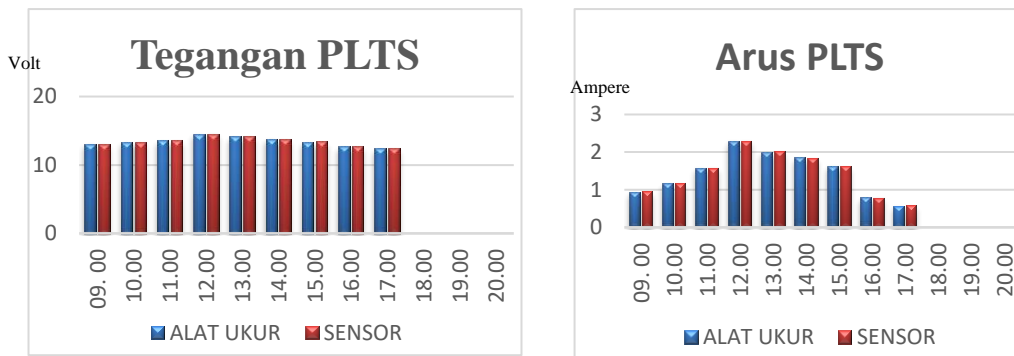
Tabel 12. Galat pengukuran PLTS, PLTMH, dan Baterai hari ketiga

waktu	PLTS						PLTMH						Baterai	
	Selisih			Galat			Selisih			Galat			Selisih	Galat
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	V (V)
09.00	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0,001	0,08	0	0,081	0	0
10.00	0,02	0	0,029	0,14	0	0,14	0,01	0,01	0,12	0,08	4,7	4,8	0	0
11.00	0,01	0	0,01	0,07	0	0,07	0	0,01	0,12	0	4,1	4,1	0,02	0,16
12.00	0,01	0,02	0,32	0,06	0,8	0,87	0,01	0	0,003	0,08	0	0,08	0,02	0,16
13.00	0	0,01	0,14	0	0,47	0,47	0,03	0,02	0,26	0,24	4,2	4,48	0,02	0,16
14.00	0	0,01	0,13	0	0,52	0,52	0,02	0,01	0,13	0,1	2,5	2,7	0	0
15.00	0,01	0	0,01	0,07	0	0,07	0,02	0,02	0,25	0,16	8,6	8,8	0,01	0,08
16.00	0	0,01	0,12	0	1,25	1,25	0,02	0,02	0,25	0,16	5,5	5,7	0	0
17.00	0,03	0	0,01	0,24	0	0,24	0,01	0	0,004	0,08	0	0,08	0	0
18.00	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,12	0	1,6	1,6	0,04	0,32
19.00	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0,01	0,15	0	0	0,02	0,16
20.00	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0,03	0,31	0	0	0	0
Rata-rata	0,006	0,004	0,06	0,04	0,25	0,30	0,01	0,008	0,11	0,12	2,6	2,70	0,01	0,087
	6	4		99,95	99,74	99,69		Akurasi	99,87	97,4	97,29		Akurasi	99,91

Tabel 12. Galat pengukuran PLTS, PLTMH, dan Baterai hari ketiga. Pada hasil pengukuran hari ketiga, dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata dari selisih pengukuran antara alat ukur dan pembacaan sensor INA219 yaitu memiliki nilai tegangan PLTS sebesar 0,006 V, arus 0,004 A, daya 0,06. Dengan nilai akurasi tegangan PLTS sebesar 99,95%, arus 99,74%, daya 99,69%. Nilai rata-rata dari selisih pengukuran antara alat ukur dan pembacaan sensor INA219 yaitu memiliki nilai tegangan PLTMH sebesar 0,01 V, arus 0,008 A, daya 0,11 Watt. Dengan nilai akurasi tegangan PLTMH sebesar 99,87%, arus 97,4%, daya 97,29%. Kemudian nilai rata-rata dari selisih pengukuran antara alat ukur dan pembacaan sensor tegangan yaitu memiliki nilai 0,01 V dengan nilai akurasi sebesar 99,91%.

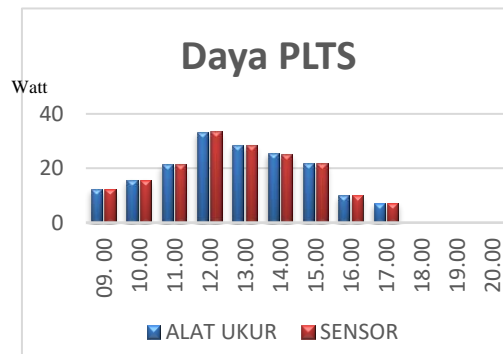
Tabel 13. Hasil rata-rata pengujian PLTS, PLTMH, dan PLTH menggunakan alat ukur dan sensor dalam tiga hari

Waktu	PENGUJIAN PLTS						PENGUJIAN PLTMH						PENGUJIAN PLTH		
	Alat Ukur			Sensor			Alat Ukur			Sensor			V (V)	I (A)	P (W)
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
09.00	13,05	0,94	12,35	13,05	0,95	12,44	12,28	0,15	1,88	12,28	0,15	1,88	25,33	1,10	14,32
10.00	13,34	1,17	15,68	13,36	1,17	15,65	12,32	0,21	2,67	12,31	0,20	2,50	25,67	1,37	18,16
11.00	13,59	1,58	21,48	13,61	1,58	21,51	12,37	0,24	3,05	12,37	0,24	2,96	25,98	1,82	24,48
12.00	14,55	2,29	33,41	14,56	2,29	33,40	12,40	0,31	3,84	12,40	0,30	3,76	26,96	2,6	37,23
13.00	14,15	2,01	28,45	14,16	2,01	28,51	12,49	0,42	5,24	12,46	0,41	5,11	26,62	2,42	33,62
14.00	13,8	1,85	25,52	13,79	1,83	25,28	12,40	0,33	4,09	12,40	0,32	4,01	26,20	2,15	29,29
15.00	13,36	1,63	21,83	13,42	1,61	21,69	12,38	0,28	3,55	12,37	0,26	3,30	25,80	1,88	25,001
16.00	12,7	0,79	10,08	12,68	0,78	9,94	12,50	0,44	5,54	12,50	0,44	5,54	25,18	1,22	15,48
17.00	12,3	0,57	7,1	12,42	0,58	7,29	12,51	0,47	5,92	12,51	0,45	5,71	24,94	1,04	13,007
18.00	0	0	0	0	0	0	12,66	0,7	8,86	12,65	0,69	8,81	12,65	0,69	8,81
19.00	0	0	0	0	0	0	12,79	0,79	10,19	12,78	0,79	10,10	12,78	0,79	10,10
20.00	0	0	0	0	0	0	12,99	0,91	11,83	12,98	0,91	11,86	12,98	0,91	11,86



a). Tegangan

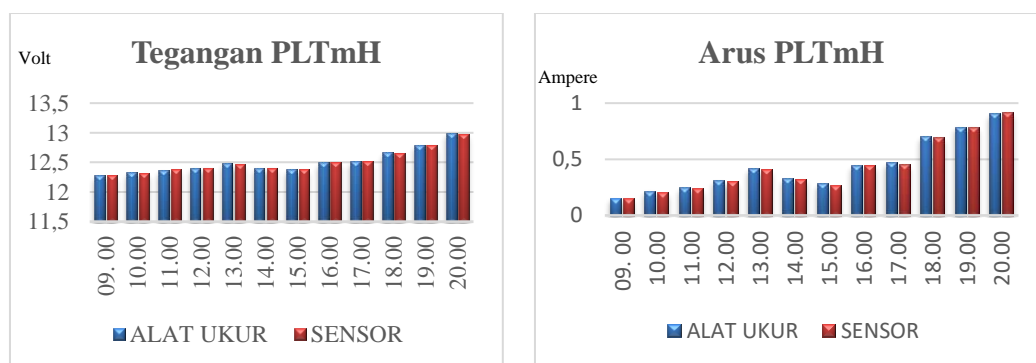
b). Arus



c). Daya

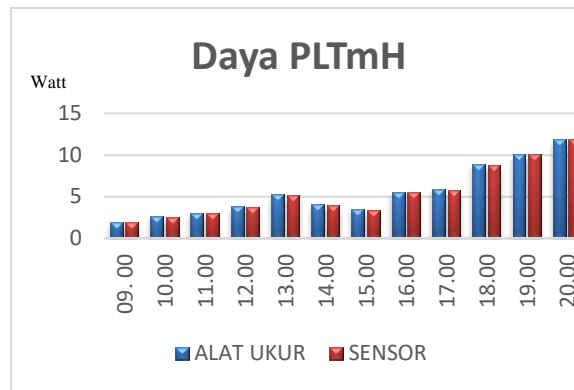
Gambar 7. Gambar grafik pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya pada PLTS antara alat ukur dan sensor INA219

Gambar 7. Menunjukkan grafik pengukuran tegangan, arus dan daya PLTS antara alat ukur dan pembacaan sensor. Dilihat pada grafik pada Gambar 3.3.1 hasil nilai dari pengukuran menggunakan alat ukur tidak jauh berbeda dengan pembacaan pada sensor INA219. Hasil keluaran tertinggi dari tegangan dan arus PLTS terdapat pada pukul 12.00 WIB. Begitu juga dengan daya yang dihasilkan paling tinggi pada pukul 12.00 WIB. Hal ini bisa terjadi karena dipengaruhi oleh pemasangan PLTS yang tegak lurus menghadap ke langit tanpa dipasang dengan kemiringan, sehingga puncak tertinggi keluaran PLTS tepat saat matahari berada sejajar dengan PLTS.



Tegangan

b). Arus



c). Daya

Gambar 8. Gambar grafik pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya pada PLTS antara alat ukur dan sensor INA219

Gambar 8. Menunjukkan grafik pengukuran tegangan, arus dan daya PLTmH antara alat ukur dan pembacaan sensor. Dilihat pada grafik pada Gambar 3.3.2 hasil nilai dari pengukuran menggunakan alat ukur tidak jauh berbeda dengan pembacaan pada sensor INA219. Hasil keluaran tertinggi dari tegangan dan arus PLTmH terdapat pada pukul 20.00 WIB. Begitu juga dengan daya yang dihasilkan paling tinggi terdapat pada pukul 20.00 WIB. Kenaikan Tegangan, Arus, dan Daya dapat dipengaruhi oleh debit air yang mengalir. Pada tempat penelitian, ketika hari semakin sore, maka pembuangan air akan dibuka secara bertahap, oleh karena itu keluaran PLTmH akan terus naik.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah disajikan pada pembahasan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pembangkit hybrid panel surya dan mikrohidro dengan monitoring IoT dapat berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem hybrid dengan dua sumber secara efektif dan digunakan untuk suplay lampu otomatis.
2. Dalam hasil pengujian PLTS selama tiga hari berturut- turut PLTS memasok tegangan dan arus tertinggi pada pukul 12.00 WIB. Hal tersebut dipengaruhi karena pemasangan PLTS dipasang tanpa ada kemiringan.
3. Dalam hasil pengujian PLTmH selamat tiga hari berturut- turut PLTmH memasok tegangan dan arus tertinggi pada pukul 20.00 WIB. Hal tersebut dipengaruhi karena meningkatnya tekanan air.
4. Pengendalian lampu otomatis pada rancang bangun pembangkit listrik tenaga hybrid sesuai dengan hasil pengujian dapat berjalan sesuai dengan kondisi yang sudah ditentukan.
5. Monitoring keluaran dari PLTS, PLTmh serta baterai pada rancang bangun pembangkit listrik tenaga hybrid sesuai dengan hasil pengujian dapat terbaca dengan baik dalam tampilan Blynk.
6. Dari selisih pengukuran menggunakan alat ukur dan sensor menghasilkan error yang sangat

kecil. Hasil dari tegangan, arus dan daya pada PLTS serta PLTmH memiliki tingkat error kurang dari 5%. Begitupun juga dengan baterai memiliki tingkat error kurang dari 5%.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk pengembangan pada sistem monitoring dan kontrol terhadap pembangkit hybrid dan lampu otomatis, sebagai berikut:

1. Lokasi pemasangan alat berada pada tempat wisata, sehingga perlu adanya tempat khusus yang tidak terlalu banyak dijangkau oleh banyak orang, sehingga tidak membahayakan alat maupun orang yang berkunjung.
2. Visualisasi IoT sebaiknya menampilkan seluruh keluaran yang dihasilkan oleh dua sumber pembangkit listrik.
3. Pada sistem monitoring menggunakan IoT perlu menggunakan wifi portabel agar lebih menghemat tempat dan dapat masuk pada panel box.
4. Pemilihan jenis turbin sangat mempengaruhi pemilihan pada lokasi pengujian, maka dari itu penulis mencari aliran air seperti air terjun yang memiliki titik jatuh.
5. Pemasangan panel surya perlu area yang tidak terhalang oleh pepohonan, sehingga keluaran yang dihasilkan oleh PLTS akan lebih besar.
6. Pengambilan data keluaran pada PLTS, PLTmH, PLTH, Baterai dan Beban sebaiknya dilakukan 24 jam agar lebih optimal dalam sistem monitoringnya.

PERSANTUNAN

Puji dan syukur peneliti ucapkan kehadiran Allah SWT, atas segala berkah, rahmat, dan karunia-Nya yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, kekuatan, kesabaran, dan kesempatan kepada peneliti sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Akan tetapi sesungguhnya peneliti menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka penyusunan tugas akhir ini tidak dapat berjalan baik. Hingga selesainya penulisan tugas akhir ini telah banyak menerima bantuan waktu, tenaga, dan pikiran dari banyak pihak. Sehubungan dengan itu, maka dalam kesempatan ini perkenankanlah peneliti menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang saya cintai Bapak Sarmo dan Ibu Sarni yang telah menjadi orang tua yang sangat luar biasa untuk saya yang telah mengorbankan waktu, tenaga, dan uang untuk membiayai saya dari awal Sekolah Dasar (SD) hingga keperguruan tinggi, selalu mendukung, selalu mendoakan, memberikan kasih sayang yang luar biasa sehingga selalu ada motivasi untuk mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Dosen Umi Fadlilah, S.T., M. Eng selaku pembimbing yang telah membimbing saya dengan baik, memberikan masukan dan pemecahan masalah yang cepat dan tepat pada waktunya, selalu memberikan motivasi, mengingatkan saya untuk selalu teliti dan memberikan arahan yang baik sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar.

3. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmunya yang sangat bermanfaat. Dan yang selalu memberi motivasi kepada mahasiswa agar lulus tepat pada waktunya.
4. Untuk keluarga saya, terutama kakak saya Suyono dan Istrinya Siti Ningrum serta kedua keponakan saya yang selalu memberi semangat dan motivasi yang tiada henti nya, selalu menemani, dan memberi masukan serta arahan dalam setiap Langkah dalam hidup saya.
5. Untuk sepupu saya, Uswatun Nurhasanah yang telah memberikan masukan dalam setiap keluhan kesah saya, selalu menemani dan memberikan semangat dalam menyelesaikan permasalahan yang saya jalani.
6. Untuk seseorang yang berarti setelah orang tua saya dan keluarga saya yaitu Seftyananda Ramadhan terimakasih yaa selama ini sudah memberi semangat, dukungan bahkan pengorbanan tenaga maupun pikiran dari awal pembuatan tugas akhir ini sampai selesai. Yang tak pernah lelah membantu mencari tempat hingga pembuatan alat.
7. Untuk teman-teman Teknik Elektro 2020 terutama Dewi Indah Saputri, Dias Khairul Ihsan, Adiyana Daniswara Utami, Dan Gunawan yang tiada kata nanti, tunggu, dan lelah untuk bersemangat dalam mengerjakan Tugas akhir dan selalu memberikan semangat dukungan untuk sama -sama menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk teman terdekat saya yaitu Siti Fatimah, Suci Wulandari Siswoyo, Siti Nurjanah, dan Andrian syah terimakasih karena selalu memberi semangat, memberi motivasi selalu siap sedia menerima keluhan dan kesah yang saya berikan.
9. Orang- orang yang pernah menemani saya, terimakasih atas segalanya sehingga saya terus termotivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dhena, V. R., & Ahmad, R. N. (2023). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Panel Surya dan Mikrohidro Untuk Penerangan Jalan Desa Pongok Kabupaten Klaten. <https://eprints.ums.ac.id/id/eprint/116019>.
- Eko Minarno, A., & Arif Wardhana, A. (2015). Monitoring Power Meter Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Ethernet Shield Dan Cloud Service. In Seminar Teknologi Dan Rekayasa. https://www.academia.edu/download/66137798/1990_5158_1_PB.pdf.
- IGS Widharma Et Al. (2021). Sistem Kontrol Terdistribusi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (Plta). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32113.20329>
- Karisma, A. I. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Environment Area Tempat Tinggal Mahasiswa Berbasis Internet Of Things. *Matics*, 11(2), 51. <https://doi.org/10.18860/Mat.V11i2.8416>
- PRAMONO, A. I. W. (2023). Desain dan Implementasi Pembangkit Hibrida Solar Pv Dan Wind Turbine Dengan Skema Switching Pln Menggunakan Automatic Transfer Switch (Ats). <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/116365>
- Salam, A., Sonda, L., Jamal, J., Anas, A., Ichsan, M. N., & Tanopa, R. (2019). Kaji Teoretis dan Eksperimental Turbin Crossflow Pancaran Ganda Kapasitas 3kw-5kw. *Jurnal Sinergi Jurusan Teknik Mesin*, 16(2), 107. <https://doi.org/10.31963/Sinergi.V16i2.1505>
- Skripsi, J. (N.D.). Seminar Hasil Elektro S1 ITN Malang Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga

Hibrid Plts dengan Mikrohidro Eduwisata Ecology Desa Sumberejo Batu.
<http://eprints.itn.ac.id/id/eprint/9801>

Sukamta, S., & Kusmantoro, A. (N.D.). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. <https://journal.unnes.ac.id/nju/jte/article/view/3555>