

# IMPLEMENTASI PERANGKAT KERAS SISTEM MONITORING INTERNET OF THINGS (IOT) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO

Hasvienda M Ridlwan<sup>1\*</sup>, Asti Prima Aulia<sup>2</sup>, Yoga Dwi Utomo<sup>3</sup>, Ellingga Rhidyo Sentosa

<sup>1,2,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Depok

<sup>3</sup>Training Section PT Badak NGL, Bontang

<sup>1,2,4</sup> Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425, Indonesia

<sup>3</sup>Badak Learning Center - Gedung Training Badak LNG, Bontang, 75324, Kalimantan Timur, Indonesia.

email: <sup>1</sup>[hasvienda.ridlwan@mesin.pnj.ac.id](mailto:hasvienda.ridlwan@mesin.pnj.ac.id), <sup>2</sup>[astiaulia06@gmail.com](mailto:astiaulia06@gmail.com), <sup>3</sup>[yogadwi@badaklng.com](mailto:yogadwi@badaklng.com), <sup>4</sup>[inggasantosa@gmail.com](mailto:inggasantosa@gmail.com)

**Abstract** — This paper will discuss the hardware design of a remote monitoring system in a micro-hydro power plant. The existence of damage to the PLTMH due to fluctuating voltage causes disruption of electricity supply to consumers in the form of blackouts, but this is not known by the electricity provider at the location of the PLTMH and the load is quite difficult to achieve and there are direct work priorities that do not allow it to be carried out at any time. The delay in information on the condition of the MHP is an obstacle in making improvements and making the MHP system more reliable. In this PLTMH a system is designed that can monitor the performance of the MHP. The design of this remote monitoring system can unify the current, voltage, and output power of the load generator by using the Robotdyn Uno+wifi microcontroller and 16-bit ADC, as well as designing a low-voltage notification system on the PLTMH repair so that the indication of low voltage can be done in real time via Internet of Things (IoT)-based wireless communication (Wi-Fi) carried out with interface displays in the form of Blynk and Telegram applications. The result of this design is that the reading error in this design is 0.24 – 0.4% on reading the voltage, 0 – 2% on reading the current by calibrating the FLUKE 179 and 375 multimeters and has succeeded in sending data in real time.

**Abstrak** – Paper ini akan membahas implementasi rancangan perangkat keras pada sistem remote monitoring pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Adanya kerusakan (*failure*) pada PLTMH akibat tegangan yang fluktuatif menyebabkan terganggunya suplai listrik ke konsumen berupa pemadaman lampu, tetapi hal ini tidak diketahui oleh penyedia listrik karena lokasi PLTMH dan beban yang cukup sulit dijangkau serta adanya prioritas pekerjaan yang tidak memungkinkan untuk melakukan pemantauan secara langsung setiap waktu. Keterlambatan informasi kondisi PLTMH, menjadi kendala dalam melakukan perbaikan dan membuat sistem PLTMH yang lebih handal. Pada PLTMH ini dirancang sistem yang dapat me-monitoring kinerja PLTMH. Rancangan sistem remot monitoring ini dapat memantau arus, tegangan, dan daya keluaran generator ke beban dengan menggunakan mikrokontroler Robotdyn Uno+wifi dan ADC 16-bit, serta dilakukan perancangan sistem notifikasi tegangan rendah pada PLTMH sehingga perbaikan dengan indikasi tegangan rendah dapat dilakukan secara realtime melalui komunikasi nirkabel (Wi-Fi) berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dihubungkan dengan penampil antar muka berupa aplikasi Blynk dan Telegram. Hasil dari perancangan ini galat pembacaan pada rancangan ini sebesar 0,24 – 0,4% pada pembacaan tegangan, 0 – 2% pada pembacaan arus dengan melakukan kalibrasi multimeter FLUKE 179 dan 375 serta telah berhasil mengirim data secara realtime.

**Kata Kunci** – *microhydro, monitoring, IoT.*

## I. PENDAHULUAN

Era modern pada masa kini, listrik adalah salah satu kebutuhan vital pada kehidupan manusia. Energi alternatif saat ini memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan dalam kelistrikan, air merupakan sumberdaya yang dapat dimanfaatkan untuk kelistrikan, hal ini dikarenakan ketersediaan sumber daya alam tersebut tidak pernah habis. Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik dengan metode menggunakan aliran sungai (aliran skala kecil) diubah menjadi daya listrik dengan perantara turbin air dan generator. Turbin air memiliki fungsi sebagai pengubah energi air (energi tekanan, kinetik dan potensial) menjadi energi mekanik dengan putaran pada poros generator. Putaran pada poros turbin tersebut diubah oleh generator menjadi energi listrik[1]. Salah satu upaya yang dapat dikembangkan dalam pencapaian target kontribusi EBT adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Secara umum, air memiliki potensi tenaga air di Indonesia yang besar mencapai 94,35 GW untuk dimanfaatkan sebagai sumber daya energi bersih[2]. Dengan adanya kesempatan ini, diharapkan dapat ikut membantu menyokong ketahanan energi untuk masyarakat luas. Selain itu, penggunaan energi alternatif dapat mengurangi polusi udara sebagai dampak pemakaian bahan bakar dengan jenis fosil pada pembangkit listrik[3]. Badak LNG telah melihat peluang ini pada September 2020, dengan melakukan pengimplementasian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH yang dibangun berlokasi di salah satu kanal limbah buangan air. Pemasangan PLTMH tersebut masih terdapat beberapa kendala dalam proses pemantauan (*monitoring*) seperti contoh Adanya kerusakan (*failure*) pada PLTMH akibat tegangan yang fluktuatif menyebabkan terganggunya suplai listrik ke konsumen berupa pemadaman lampu, tetapi hal ini tidak diketahui oleh penyedia listrik karena lokasi PLTMH dan beban yang cukup sulit dijangkau serta adanya prioritas pekerjaan yang tidak memungkinkan untuk melakukan pemantauan secara langsung setiap waktu. Keterlambatan informasi kondisi PLTMH, menjadi kendala dalam melakukan perbaikan dan membuat sistem PLTMH sehingga diperlukan alat pemantauan yang dapat memberikan kondisi keluaran PLTMH informasi kelistrikan secara *real time*. Selain itu, diperlukan juga sistem peringatan yang dapat digunakan penyedia listrik dalam mendapatkan informasi secara cepat berkaitan tentang kerusakan (*failure*) yang terjadi. Fokus penelitian pada paper ini yaitu merancang sistem perangkat keras dengan tingkat

keakurasian yang tinggi guna mengurangi galat saat proses monitoring untuk sistem pemantauan secara nirkabel dengan memanfaatkan jaringan internet wifi sebagai pengirim data akuisisi keluaran dari PLTMH aplikasi berbasis web base dan telegram.

\*) **penulis korespondensi:** Hasvienda M Ridlwan  
Email: [hasvienda.ridlwan@mesin.pnj.ac.id](mailto:hasvienda.ridlwan@mesin.pnj.ac.id)

## II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Beberapa penelitian yang terkait dengan sistem monitoring PLTMH. Arif Gunawan, Arisco Oktafeni, dan Wahyuni Khabzli melakukan penelitian merancang sistem pemantauan pada PLTMH yang dipantau dengan kincir air yang terbuat dari plat sepeda yang dipasang pipa untuk menampung air sebagai penggerak pada kincir. Beberapa sensor digunakan pada penelitian ini untuk memantau generator, Aki/baterai digunakan untuk menyimpan tegangan keluaran generator. Data hasil pemantauan menggunakan arduino dan ethernet shield serta dihubungkan ke komputer melalui jaringan Wi-Fi. Hasil pengukuran pada keluaran tegangan yang keluar dari generator pada debit air yang besar adalah rerata 10 volt dan beban sebesar 5 Watt[4].

Muhammad Rohman, Danang Haryo Sulaksono dan Gusti Eka Yuliasuti melakukan penelitian memanfaatkan aliran air untuk memonitoring keluaran arus dan tegangan pada generator Mikro Hidro basis web, perancangan sistem ini menampilkan data parameter pada output generator mikro-hidro pada web. Tampilan pada web dipantau secara *real-time* dan dapat diakses dari jarak jauh[5].

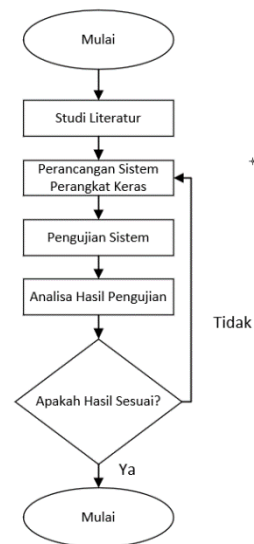
Ragil Suryaning Fajar melakukan penelitian Sistem Monitoring Flow dan Level Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) untuk memantau proses aliran air ke turbin. Sensor level yang digunakan yaitu sensor ultrasonik SRF05 dan sensor flow yaitu waterflow FS400a menggunakan mikrokontroler ATmega128. Pembacaan pada kedua sensor memiliki variabel level memiliki akurasi sebesar 99,026% dan pada variabel flow sebesar 98,355% [6].

Dari ketiga penelitian tersebut masih perlu dikembangkan pada perangkat keras yaitu tingkat ke akurasian dan perangkat lunak yang dapat dipantau dengan teknologi jaringan berbasis internet (*Internet of Things*).

Dari ketiga referensi yang artikel, peneliti akan mengembangkan tingkat keakurasian pada sistem monitoring pada PLTMH Mikro Hidro.

## III. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian Implementasi Perangkat Keras Sistem Monitoring Internet of Things (IoT) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ini menggunakan metodologi yang dituangkan dalam bentuk diagram alir seperti terlihat pada Gambar 1.



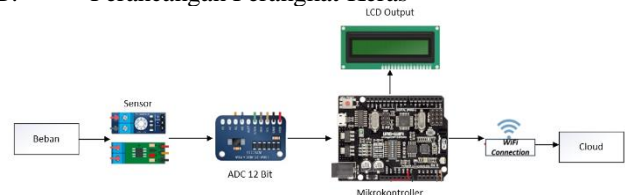
Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

### A. Studi Literatur

Studi literatur memiliki beberapa tahapan yang perlu dilakukan dalam penelitian ini, diantaranya dengan mencari dan mempelajari beberapa referensi yang terkait sebagai dasar rujukan. Beberapa sumber rujukan yang digunakan peneliti yaitu buku, jurnal, dan artikel ilmiah dari beberapa sumber yang terkait sebagai berikut.

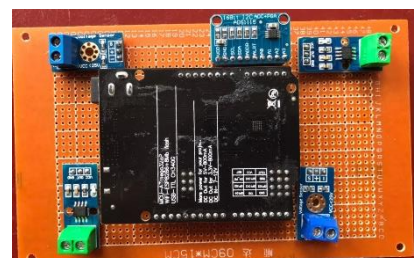
1. Mikrokontroler
2. Sensor arus dan tegan
3. Analog to Digital Converter
4. Arduino ide

### B. Perancangan Perangkat Keras



Gambar 2. Blok diagram sistem perangkat keras

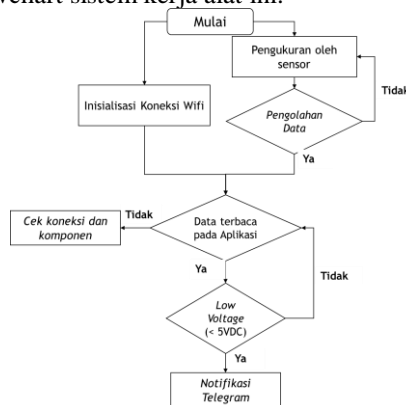
Perancangan perangkat keras yang terlihat pada blok diagram Gambar 2. Dalam perancangan tersebut memiliki beberapa langkah yaitu pemilihan modul, penempatan modul dan percobaan sementara. Seluruh komponen elektronika dirangkai sesuai dengan perancangan pada sinkronisasi rangkaian setiap modul menjadi sebuah sistem sesuai dengan desain rangkaian. Pada Gambar 3 dapat dilihat rangkaian yang telah dikonfigurasi dengan modul dan mikrokontroler pada PCB berukuran 9 x 15cm. Pada tahap ini, rangkaian komponen dipasang secara langsung pada panel box di lapangan bersama dengan komponen mekanikal lainnya pada PLTMH. Ketika seluruh rangkaian telah berhasil di rangkai dengan baik, dapat dilakukan pengambilan data hasil kinerja sistem pemantauan PLTMH.



Gambar 3. Perangkat keras sistem monitoring

C. Diagram alir sistem

Pembuatan *flowchart* dilakukan untuk mempermudah dalam pencarian kesalahan. Selain itu, memudahkan orang lain dalam membaca alur program yang dibuat. Gambar 4 menunjukkan bentuk *flowchart* sistem kerja alat ini.



Gambar 4. *Flowchart* sistem monitoring

D. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan komputer kecil yang sebagai besar elemennya terintegrasi dalam satu chip *integrated circuit* (IC). Elemen ini dimanfaatkan untuk sistem kendali maupun instrumentasi. Elemen utama mikrokontroler berupa[7]:

- a. Processor (CPU)
- b. Memori (RAM dan ROM)
- c. Masukan dan keluaran

Pengendali mikro (*microcontroller*) merupakan komponen penting dalam sistem monitoring jarak jauh yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan data dari input berupa sensor dan pengirim sinyal output. Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah Robotdyn Uno+Wifi (Gambar 5). Robotdyn Uno+Wifi ATmega328p+ESP8266 CH340 merupakan Arduino R3 SMD dari manufaktur asal Rusia, Robotdyn. Mikrokontroler ini terdiri dari modul pengolahan data sensor arus dan tegangan serta modul pengirim data untuk dapat ditampilkan pada penampil antar muka yang telah diintegrasikan



Gambar 5. Robotdyn Uno+Wifi[8].

E. Sensor Arus dan Tegangan

Sensor arus pada rancangan sistem remote monitoring PLTMH adalah Modul ACS712 yang terlihat pada Gambar 6. Modul ACS712 adalah sensor arus bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus tersebut digunakan sebagai mengukur arus AC atau DC[9]. Pengaplikasian sensor ini banyak digunakan pada skala industri, komersial maupun komunikasi. Pengukuran tegangan listrik pada sistem ini menggunakan modul pembaca tegangan, modul ini mampu mengukur tegangan DC dengan rate tegangan hingga 25V seperti yang terlihat pada Gambar 7. Prinsip dari modul pembaca tegangan ini memanfaatkan tekanan resistensi dengan membuat tegangan masukan dari terminal 5 kali lebih kecil dari tegangan asli.



Gambar 6. Sensor Arus ACS712



Gambar 7. Konfigurasi modul pembaca tegangan

F. Modul ADS1115

Modul ADS1115 merupakan modul ADC (Analog Digital Converter) yang memiliki resolusi pembacaan analog 16-bit dalam 860 sampel perdetik, dengan kata lain modul ini memiliki tingkat keakuratan nilai hasil konversi lebih tinggi dibandingkan mikrokontroler yang umumnya 10-bit. Proses transfer data pada modul ini menggunakan komunikasi I2C sehingga data yang diterima akan dikirim melalui komunikasi serial yang terdiri dari SDA dan SCL. Seperti yang terlihat pada Gambar 8. modul ini menyediakan 4 channel pin analog yang dapat digunakan pada mode single-ended atau differential. Mode single-ended merupakan mode saat modul bekerja pada satu inputan adc setiap channel-nya sedangkan mode differential merupakan mode saat modul bekerja dengan menggunakan dua pin inputan yang terdiri dari pin masuk ke output sensor dan pin ke ground[10].



Gambar 8. Modul ADS1115

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Komponen

Pengujian dari modul pembaca tegangan dan sensor arus menggunakan beberapa jenis sumber listrik DC dan beban. Pada pengujian pembacaan tegangan digunakan sumber listrik DC berupa lead acid battery 12V, Li-ion battery 9v, serta power supply 12VDC. Sedangkan pengujian pada sensor arus ACS712 beban yang digunakan pada pengujian menggunakan 1 Lampu 12VDC/5W, 1 Lampu 12VDC/35W, Mini Fan DC 12V. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan pembacaan tegangan dan arus pada sensor dan multimeter terkalibrasi, hasil pengujian dituliskan pada Tabel I dan II.

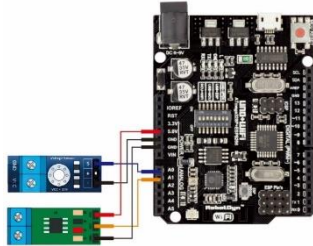
Tabel I. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Sumber Tegangan (DC)	Multimeter Terkalibrasi (volts)	Sensor Tegangan (volts)
Lead Acid Battery 12 volts	12,77	13,31
Li-ion Battery 9 volts	9,61	9,99
DC Source 12 volts	12,36	12,61
Galat (% error)	2 – 4%	

Tabel II. Hasil Pengujian Sensor Arus

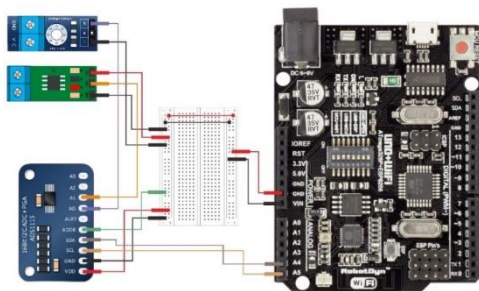
Sumber	Multimeter Terkalibrasi (Ampere)	Sensor Arus (Ampere)
1 Lampu 12VDC/5W	0,42	0,39
1 Lampu 12VDC/35W	2,23	2,15
Mini Fan DC 12V	0,11	0,12
Galat (% error)	4 – 9%	

Berdasarkan Tabel I dan II, galat (% error) pada pengukuran tegangan sebesar 2 – 4% dan pengukuran arus sebesar 7 – 9%. Acuan yang digunakan pada pengukuran ini adalah FLUKE 179 True-RMS Multimeter dan 375 True-RMS Clamp Meter yang telah di kalibrasi.



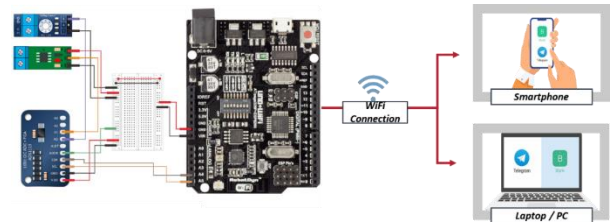
Gambar 9. Rangkaian pembaca tegangan dan arus

Dengan hasil pengujian rangkaian sensor arus dan tegangan seperti Gambar 11. ditemukan selisih pembacaan yang besar dari modul sensor maka penelitian ini akan meningkatkan keakurasian pembacaan sensor dengan menggunakan ADC ADS1115. Konfigurasi perangkat elektronika dengan ADS1115 ditunjukkan seperti Gambar 12. Pengujian keakurasian pengukuran akan dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dan multimeter terkalibrasi. Pengujian penampil antar muka berbasis nirkabel dilakukan dengan melihat data-data yang dikirimkan melalui NodeMCU dapat terbaca pada aplikasi penampil antar muka secara real time dan memiliki pengukuran yang sesuai dengan pengukuran manual.



Gambar 10. Rangkaian modul ADC ADS1115

B. Rancangan Sistem pemantauan Nirkabel  
Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 13. alur kerja dari sistem pemantauan nirkabel berawal dari tegangan dihasilkan generator yang di coupling dengan turbin pada PLTMH. Tegangan dan arus yang keluar dari generator dibaca sensor arus ACS712 dan sensor tegangan yang berupa voltage divider. Pada sistem ini dilengkapi dengan sensor pembacaan arus dan tegangan yang dapat mengukur keluaran listrik dari sistem (panel box) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14. ke beban.



Gambar 11. Blok diagram sistem monitoring nirkabel

Pembacaan sensor tersebut kemudian menjadi input analog mikrokontroler yang selanjutnya diolah menjadi besaran digital sehingga dapat terbaca oleh sistem pada mikrokontroler. Sebelum masuk ke mikrokontroler, besaran yang terukur melewati analog digital converter sebagai pengubah resolusi analog dari 10-bit (Binary Digit pada Arduino) menjadi 16-bit. Penggunaan komponen ini, dilatarbelakangi dengan hasil pengujian pada Tabel I dan II. dimana rata-rata galat pengukuran sensor tegangan sebesar 3,39% dan arus sebesar 6,53%. Untuk meningkatkan keakurasian hasil pengukuran tersebut pada sistem pemantauan ditambahkan ADC 16-bit ADS1115. Hasil pengujian konfigurasi sistem pemantauan dengan ADS1115 ditunjukkan pada Tabel III dan IV.

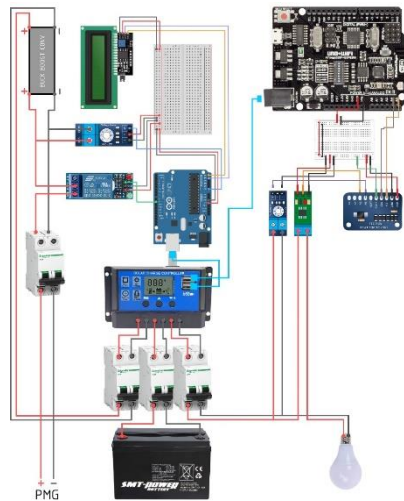
Tabel III. Hasil Pengujian Sensor Tegangan dengan ADC 16-bit

Sumber Tegangan (DC)	Multimeter Terkalibrasi (volts)	Sensor Tegangan (volts)
Lead Acid Battery 12 volts	12,77	12,81
Li-ion Battery 9 volts	9,61	9,57
DC Source 12 volts	12,36	12,39
Galat (% error)	0,24 – 0,4%	

Tabel IV. Hasil Pengujian Sensor Arus dengan ADC 16-bit

Sumber	Multimeter Terkalibrasi (Ampere)	Sensor Arus (Ampere)
1 Lampu 12VDC/5W	0,42	0,41
1 Lampu 12VDC/35W	2,23	2,21
Mini Fan DC 12V	0,11	0,11
Galat (% error)	0 – 2%	

Berdasarkan Tabel III dan IV. ditemukan rata-rata galat pengukuran sensor tegangan sebesar 0,31% dan arus sebesar 0,96%. Penggunaan ADS1115 sebagai Analog Digital Converter dapat meningkatkan keakurasian pengukuran terhadap multimeter terkalibrasi. Hasil pembacaan yang telah terukur dengan keakurasian yang baik selanjutnya dikirimkan ke NodeMCU yang telah terintegrasi pada mikrokontroler Arduino Uno+Wifi melalui komunikasi serial. Data yang berhasil terkirim dari Arduino dan diterima oleh NodeMCU dikirimkan ke penampil data berupa Blynk dan Telegram melalui jaringan internet. Penampil data tersebut akan memvisualkan hasil konversi data dari Arduino, hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam pembacaan tegangan, arus, dan daya pada PLTMH secara jarak jauh.



Gambar 12. Rangkaian Pada Panel Box

C. Sistem Pemantauan *real-time* pada PLTMH

Pengambilan data dari PLTMH yaitu mengukur keluaran tegangan dan arus dari sistem ke beban dalam 1 hari sejak pukul 10.10-19.10 WITA. Hasil pengukuran dapat dilihat melalui penampil antar muka yang telah diintegrasikan sebelumnya. Dengan menggunakan penampil antar muka, data hasil sistem pemantauan secara otomatis menghasilkan tabel. Sebagai data analisis, dituliskan sampel pengukuran dengan interval waktu 30 menit pada Tabel V. Pengujian dilakukan dengan membandingkan pengukuran manual menggunakan multimeter terkalibrasi dalam interval 30 menit sejak pukul 10.10 – 19.10 WITA untuk melakukan pengujian sistem pemantauan secara real time dalam jangka waktu tersebut. Data yang ditampilkan merupakan data hasil pengukuran pada hari Minggu, 15 Agustus 2021.

Tabel V. Hasil Pengukuran Sistem Pemantauan

Waktu Pengukuran	Penampil Antar Muka		Multimeter		Galat		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (%)	Arus (%)	
10:10	11,79	1,0	11,84	1,0	0,45	0	
10:40	11,69	1,1	11,73	1,1	0,34	0	
11:10	11,59	1,2	11,64	1,2	0,43	0	
11:40	11,48	1,2	11,53	1,2	0,41	0	
12:10	11,35	1,2	11,40	1,1	0,44	7,27	
12:40	11,20	1,3	11,25	1,2	0,42	8,33	
13:10	10,96	1,3	10,99	1,1	0,29	18,18	
13:40	10,31	1,3	10,37	1,2	0,55	8,19	
14:10	7,54	0,8	7,58	0,8	0,47	0	
14:40	5,75	0,7	5,73	0,7	0,35	0	
15:10	5,54	0,4	5,59	0,4	0,98	0	
15:40	5,41	0,8	5,42	0,8	0,18	0	
16:10	5,27	0,6	5,26	-	0,29	-	
16:40	5,23	0,6	5,17	-	1,15	-	
17:11	5,15	0,6	5,13	-	0,39	-	
17:40	5,12	0,6	5,12	-	0,07	-	
18:10	5,11	0,4	5,12	-	0,20	-	
18:40	5,09	0,3	5,11	-	0,38	-	
19:10	5,08	0,3	5,10	-	0,39	-	
Rata – rata galat (error)					0,43	3,49	

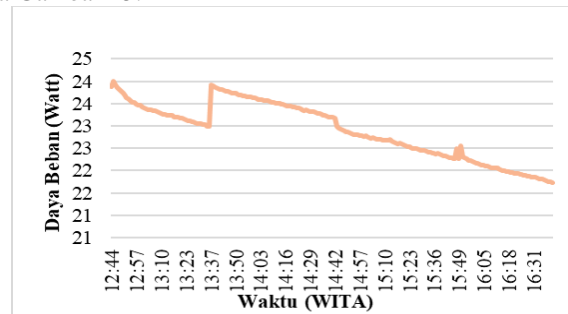
Dari hasil pengukuran pada sistem pemantauan dan pengukuran manual didapatkan selisih galat (error) pengukuran data kelistrikan pada sistem pemantauan sebesar 0,43% pada pengukuran tegangan dan 3,49% pada pengukuran arus. Dalam buku pengukuran dan alat – alat ukur listrik, kriteria ketelitian alat ukur dibagi 3 menurut[11] yaitu:

- Alat cermat atau presisi (<0.5%)
- Alat Kerja (± 1-2 %)
- Alat Ukur Kasar (> 3 %)

Menurut standar tersebut, maka hasil pengujian alat ukur termasuk kategori “Alat Kerja” pada pengukuran tegangan dan “Alat Ukur Kasar” pada pengukuran arus. Sesuai dengan user manual 175, 177, 179 True-rms Multimeters; Multimeter yang digunakan pada pengukuran tegangan dapat memberikan resolusi dengan 2 angka decimal (6-60VDC) dan 3 angka decimal(0-6VDC). Sedangkan pada clamp meter sesuai dengan User Manual 374/375/376 Clamp Meter yang digunakan sebagai acuan pengukuran arus dapat memberikan resolusi dengan 1 angka decimal. Alat yang dirancang pada sistem pemantauan PLTMH ini dapat menghasilkan resolusi pengukuran 2 angka decimal pada penampil antar muka yang dapat dilihat pengguna(user).

D. Konsumsi Energi Listrik

Konsumsi energi listrik per hari dihitung dengan mengalikan daya listrik rata-rata dengan waktu kerja beban. Data daya listrik yang mensuplai beban didapat dari parameter pengukuran pada sistem pemantauan yang telah dirancang. Pada pengujian skala laboratorium dengan waktu kerja beban selama 4 jam. Dari pengujian yang dilakukan menggunakan power supply 12VDC diperoleh hasil sesuai dengan grafik pada Gambar 15.



Gambar 13. Grafik Daya Beban Lampu (40W)

Berdasarkan hasil dari pengukuran sistem pemantauan yang dituliskan pada grafik pada Gambar15, pada hasil monitoring didapatkan rata-rata daya sebesar 22,91 Watt.

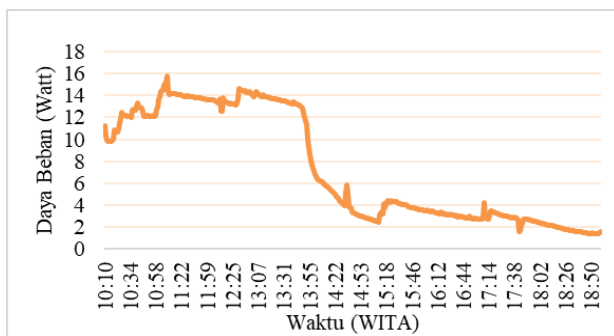
Dengan waktu kerja beban selama 4 jam dapat dituliskan konsumsi energi menggunakan persamaan berikut:

$$Energi\ Listrik = \overline{P_{out}} \times waktu\ kerja\ beban \quad (1)$$

$$Energi\ Listrik = 22,91\ Watt \times 4h \quad (2)$$

$$Energi\ Listrik = 91,64Wh \quad (3)$$

Dengan perhitungan pada persamaan (1-3) ditemukan hasil konsumsi energi listrik pada beban uji coba selama 4 jam sebesar 91,64Wh. Setelah melakukan percobaan skala laboratorium, dilakukan perhitungan konsumsi energi listrik pada beban PLTMH di Lapangan. Perhitungan konsumsi energi listrik pada beban dilakukan dalam operasi baterai (battery operation). Dari hasil pengujian yang dilakukan selama 9 jam (10.10-19.10) diperoleh hasil sesuai dengan grafik pada Gambar 16.



Gambar 14. Grafik daya pada beban pada sistem PLTMH

Berdasarkan hasil dari pengukuran sistem pemantauan yang dituliskan pada grafik (Gambar 16), didapatkan rata-rata daya pada beban sebesar 7,45Watt. Dengan waktu kerja beban selama 9 jam dapat dituliskan konsumsi energi menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Energi Listrik} = \overline{P_{out}} \times \text{waktu kerja beban} \quad (4)$$

$$\text{Energi Listrik} = 7,45 \text{ Watt} \times 9h \quad (5)$$

$$\text{Energi Listrik} = 67,05Wh \quad (6)$$

Dengan perhitungan pada persamaan (4-6) ditemukan hasil konsumsi energi listrik pada beban uji coba selama 9 jam sebesar 67,05Wh.

## V. KESIMPULAN

Rangkaian sensor tegangan dan arus yang dikonfigurasi menggunakan ADC 16-bit ADS1115 menghasilkan kenaikan keakurasian pembacaan dibandingkan rangkaian sensor arus dan tegangan DC sederhana (10-bit). Sistem pemantauan yang telah diintegrasikan dengan sistem PLTMH memiliki galat (error) pembacaan sebesar 0,43% pada pengukuran tegangan DC dan 5,80% pada pengukuran arus DC. Sistem monitoring jarak jauh yang dibuat dapat digunakan untuk menganalisis konsumsi energi listrik pada beban yang disuplai PLTMH dari parameter daya yang ditampilkan. Untuk pengujian beban pada skala laboratorium didapatkan konsumsi energi sebesar 91,64Wh selama 4 jam dan pada pengujian beban pada skala lapangan didapatkan konsumsi energi sebesar 67,05Wh selama 9 jam (dengan battery operation).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jakarta dan LNG Academy.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. W. B. Saputra, A. I. Weking, and L. Jasa, "Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Overshot Wheel," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro; Vol 16 No 2 (2017): (May - Agustus) Majalah Ilmiah Teknologi ElektroDO* - 10.24843/MITE.2017.v16i02p09, 08/31 2017.
- [2] T. S. J. D. E. Nasional, *Indonesia Energy Out Look 2019*. 2019.
- [3] R. Bagas and Syaiful, "EFEK PEMAKAIAN LOW PURITY METHANOL TERHADAP KEPEKATAN ASAP (SMOKE OPACITY) PADA MESIN DIESEL DENGAN

SISTEM EGR," (in Indonesia), *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik*, pp. 7-12, 2013.

[4] A. Gunawan, A. Oktafeni, and W. Khabzli, "Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)," *202 Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 10, pp. 202-206, 2013.

[5] M. Rohman, D. H. Sulaksono, and G. E. Yulastuti, "Pemanfaatan Aliran Air untuk Sistem Monitoring Arus dan Tegangan pada Generator Mikrohidro Berbasis Web," *Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika*, 2021.

[6] R. S. Fajar, "Sistem Monitoring Flow Dan Level Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ", *Teknik Instrumentasi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.

[7] D. Kho. (12). *Pengertian Mikrokontroler (Microcontroller) dan Strukturnya*. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-mikrokontroler-microcontroller-struktur-mikrokontroler/>

[8] M. f. WIFI D1 R2 ESP8266 dev. board. Available: <https://robotdyn.com/wifi-d1-r2-esp8266-dev-board-32m-flash.html>

[9] Y. I. A. Yani, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," *Teknik Elektro Otomasi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017.

[10] O. W. Saragih, "Sistem Monitoring Ph Dan Rh Tanah Secara Realtime Dengan Sms Berbasis Mikrokontroler Atmega 8," *Fisika*, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.

[11] S. Sapiie and O. Nishino, *Pengukuran dan alat-alat ukur listrik*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2000.