

# Sistem Monitoring Arus Air pada Pembangkit Listrik Mikrohidro Skala Kecil dengan Sumber Aliran Air Tandon

Eric Alfonsius<sup>1\*</sup>, Wisard Kalengkongan<sup>2</sup>, Adrian Philip Marthinus<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Sistem Informasi, Universitas Sam Ratulangi, Indonesia

<sup>3</sup> Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Indonesia

<sup>1\*</sup>ericalfonsius@email.unsrat.ac.id, <sup>2</sup>wisardkalengkongan@unsrat.ac.id,

<sup>3</sup>adrianphmarth@unsrat.ac.id

Submitted	Accepted	Publish
28-October-2025	30-December-2025	31-December-2025

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem pembangkit listrik mikrohidro berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan metode pengairan bertingkat, sebagai bentuk inovasi pemanfaatan energi air hujan untuk menghasilkan listrik skala kecil secara berkelanjutan. Sistem ini dirancang untuk memanfaatkan aliran air dari tandon menuju penampungan lain sebagai sumber penggerak turbin mikrohidro. Energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mendukung sistem monitoring IoT dan aplikasi akuakultur skala kecil. Rangkaian sistem terdiri atas sensor arus, sensor tegangan, dan sensor aliran air (water flow sensor) yang dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU, dan dikendalikan melalui dashboard web IoT untuk pemantauan kondisi sistem secara real-time. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Blackbox Testing untuk memastikan setiap komponen IoT dan sensor berfungsi sesuai rancangan. Skenario pengujian meliputi pembacaan nilai sensor aliran air, arus listrik, dan tegangan, serta pengiriman data ke dashboard web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem berfungsi dengan baik sesuai dengan skenario yang dirancang. Sistem mampu memantau debit air antara 1 hingga 5 liter per menit, dengan arus listrik antara 0,2 hingga 1,0 ampere dan tegangan antara 10 hingga 15 volt. Data hasil pengukuran dapat ditampilkan secara real-time dalam bentuk grafik dan tabel historis pada dashboard web. Sistem terbukti stabil, responsif, dan akurat dalam membaca perubahan nilai sensor dan menampilkan data monitoring tanpa keterlambatan signifikan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi antara IoT dan sistem mikrohidro skala kecil dapat menghasilkan solusi inovatif untuk pemanfaatan energi terbarukan berbasis air hujan. Selain itu, sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan dalam pengelolaan energi mandiri, sistem akuakultur, dan pembelajaran teknologi hijau, yang mendukung penerapan konsep energi berkelanjutan di masa depan.

Kata kunci:

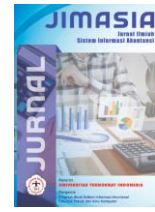
**Kata Kunci:** Mikrohidro; IoT; energi terbarukan; blackbox testing, sistem monitoring

**Abstract:** This research aims to develop a prototype of a micro-hydro power generation system based on the Internet of Things (IoT) integrated with a tiered irrigation method as an innovative approach to utilizing rainwater for small-scale, sustainable electricity generation. The system is designed to harness water flow from an upper tank to a lower reservoir as the driving source for a micro-hydro turbine. The generated electrical energy is used to support the IoT monitoring system and small-scale aquaculture

Eric Alfonsius: \*Penulis Korespondensi



Copyright © 2025, Eric Alfonsius, Wisard Kalengkongan, Adrian Marthinus.



*applications. The prototype consists of current, voltage, and water flow sensors, which are connected to a NodeMCU microcontroller and managed through a web-based IoT dashboard for real-time system monitoring. Testing was conducted using the Blackbox Testing method to ensure that all IoT components and sensors operated according to their design specifications. The testing scenarios included reading sensor values for water flow, electrical current, and voltage, as well as transmitting data to the web dashboard. The results demonstrated that all system components functioned correctly as planned. The system successfully monitored water flow rates ranging from 1 to 5 liters per minute, with electrical current between 0.2 and 1.0 amperes and voltage between 10 and 15 volts. The measurement data were displayed in real-time on the web dashboard, featuring both graphical visualization and historical data tables. The system proved to be stable, responsive, and accurate in capturing sensor value changes and displaying monitoring data without significant delays. The findings indicate that the integration of IoT and small-scale micro-hydro systems can serve as an innovative solution for renewable energy utilization based on rainwater flow. Furthermore, this system has the potential to be developed for independent energy management, aquaculture applications, and green technology learning, supporting the implementation of sustainable energy concepts in the future.*

**Keywords:** *Micro-hydro; IoT; renewable energy; blackbox testing; monitoring system;*

## **1. PENDAHULUAN**

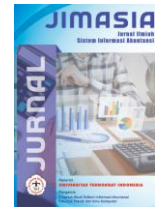
Ketersediaan energi listrik yang stabil dan berkelanjutan merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung pembangunan ekonomi, sosial, dan industry [1]. Di tengah meningkatnya kebutuhan energi akibat pertumbuhan populasi dan aktivitas industri, tantangan besar yang dihadapi dunia saat ini adalah bagaimana menyediakan energi yang cukup tanpa menambah beban terhadap lingkungan [2]. Salah satu alternatif energi terbarukan yang sangat potensial di Indonesia adalah energi air, khususnya dalam bentuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) [3]. Sistem mikrohidro merupakan solusi tepat guna yang dapat diterapkan di daerah terpencil, pedesaan, atau wilayah dengan sumber air terbatas, karena memanfaatkan energi potensial dan kinetik air dalam skala kecil untuk menghasilkan listrik [4].

Namun, penerapan sistem mikrohidro konvensional masih menghadapi berbagai permasalahan teknis dan operasional [5]. Sistem yang berjalan umumnya belum dilengkapi dengan sistem pemantauan otomatis sehingga kinerja sistem tidak dapat dipantau secara real-time. Hal ini menyebabkan operator sulit mengetahui perubahan debit air, tegangan, dan arus listrik yang dihasilkan [6]. Akibatnya, sistem menjadi kurang efisien dan sering kali mengalami kehilangan daya atau gangguan akibat tidak terpantau secara optimal. Selain itu, dalam konteks pengembangan sistem yang terintegrasi dengan akuakultur, belum banyak diterapkan sistem yang mampu mengatur dan memanfaatkan aliran air secara efektif untuk menghasilkan energi listrik sekaligus mendukung sirkulasi air kolam.

Letak utama permasalahan dalam penelitian ini terletak pada keterbatasan sistem monitoring dan kontrol otomatis yang mampu menyesuaikan perubahan debit air terhadap keluaran energi. Sistem yang ada masih bergantung pada proses manual dengan pencatatan data sederhana, sehingga rentan terhadap kesalahan pengukuran dan keterlambatan dalam pengambilan keputusan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem mikrohidro yang efisien, terintegrasi, dan cerdas masih belum banyak dikembangkan, terutama yang berbasis Internet of Things (IoT) untuk pemantauan jarak jauh.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan IoT dalam sistem energi terbarukan telah banyak dilakukan, namun masih terbatas pada penerapan di panel surya dan sistem irigasi otomatis. Penelitian lainnya mengembangkan sistem monitoring arus dan tegangan pada panel surya menggunakan NodeMCU [7], [8] sedangkan penelitian





lainnya meneliti penerapan IoT pada sistem pengairan berbasis sensor debit air [9], [10]. Dari berbagai penelitian tersebut, masih terdapat celah penelitian (research gap), yaitu belum adanya sistem mikrohidro yang secara komprehensif mengintegrasikan IoT, sistem pengairan bertingkat, dan monitoring digital berbasis web untuk mengoptimalkan pemanfaatan air sebagai sumber energi listrik.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan solusi berupa prototipe sistem pembangkit listrik mikrohidro berbasis IoT dengan metode pengairan bertingkat. Sistem ini dirancang untuk memanfaatkan aliran air dari tandon menuju penampungan lain guna menggerakkan turbin mikrohidro mini. Arus listrik yang dihasilkan diukur dengan sensor tegangan dan arus, sedangkan debit air dipantau menggunakan sensor water flow. Semua data dari sensor dikirim ke dashboard web IoT yang menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk grafik dan tabel historis. Dengan demikian, pengguna dapat memantau performa sistem secara langsung melalui jaringan internet, melakukan analisis terhadap perubahan kondisi aliran air, serta menentukan efisiensi energi yang dihasilkan.

Solusi ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan pendekatan sebelumnya. Pertama, sistem mampu melakukan pemantauan secara real-time terhadap parameter penting seperti arus, tegangan, dan debit air melalui dashboard berbasis web. Kedua, sistem memanfaatkan air hujan dan metode pengairan bertingkat, sehingga dapat diterapkan di daerah dengan ketersediaan air terbatas. Ketiga, penggunaan pengujian blackbox memastikan bahwa sensor IoT dan modul sistem berfungsi sesuai rancangan tanpa gangguan pada proses transmisi data. Selain itu, sistem ini juga menampilkan visualisasi data yang memudahkan analisis performa dan mendukung proses evaluasi efisiensi energi yang dihasilkan.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat tercipta model pembangkit listrik mikrohidro skala kecil yang efisien, ramah lingkungan, dan mudah direalisasikan di berbagai kondisi geografis. Lebih jauh, hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi digital terapan untuk energi terbarukan, serta membuka peluang integrasi dengan sistem akuakultur cerdas (smart aquaculture) yang mampu memanfaatkan air secara berkelanjutan. Penelitian ini bukan hanya menghadirkan inovasi teknis, tetapi juga berkontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan dan kemandirian energi masyarakat lokal di masa depan.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan eksperimen rekayasa sistem (experimental engineering approach) [11]. Tujuan utama penelitian adalah merancang, mengimplementasikan, dan menguji prototipe sistem pembangkit listrik mikrohidro berbasis IoT yang mampu memantau arus, tegangan, dan debit air secara real-time melalui platform website. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan pengujian langsung terhadap performa sistem serta validasi fungsionalitas komponen IoT dalam kondisi nyata [12].

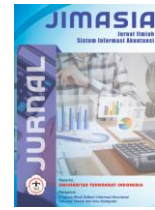
### **3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di laboratorium teknik elektro dan sistem kontrol, serta di area simulasi pengairan skala kecil yang menyerupai sistem tandon air dan saluran bertingkat. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama empat bulan, dimulai dari tahap perancangan sistem hingga tahap pengujian dan analisis hasil.

### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi:





1. NodeMCU ESP8266 – sebagai mikrokontroler utama untuk akuisisi data dan pengiriman ke server IoT.
2. Sensor Water Flow YF-S201 – untuk mengukur kecepatan aliran air dalam liter per menit (L/min).
3. Sensor Arus ACS712 – untuk mengukur arus listrik (Ampere).
4. Sensor Tegangan ZMPT101B – untuk mengukur tegangan listrik (Volt).
5. Turbin Mikrohidro Mini – sebagai konverter energi kinetik air menjadi energi listrik.
6. Tandon air atas dan bawah – sebagai sumber dan penampung air untuk menghasilkan aliran gravitasi.
7. Pipa dan selang air – sebagai media pengaliran air.
8. Dashboard Web IoT (HTML, PHP, MySQL) – sebagai sistem antarmuka pengguna untuk monitoring data.

### 3.4 Desain dan Arsitektur Sistem

Desain sistem terdiri atas tiga bagian utama, yaitu (1) sistem akuisisi data sensor, (2) sistem komunikasi data berbasis IoT, dan (3) sistem visualisasi data melalui web dashboard.

1. Sensor water flow, arus, dan tegangan terhubung dengan NodeMCU melalui jalur input analog dan digital.
2. NodeMCU mengolah data sensor dan mengirimkannya ke server melalui koneksi Wi-Fi menggunakan protokol HTTP.
3. Server menyimpan data ke basis data MySQL yang kemudian divisualisasikan pada dashboard web. Dashboard menampilkan data arus, tegangan, dan debit air secara real-time dalam bentuk grafik serta tabel historis.

Diagram sistem menunjukkan bahwa data dari setiap sensor diolah secara lokal, dikalibrasi, lalu dikirimkan secara periodik setiap 5 detik untuk memperbarui tampilan pada web monitoring.

### 3.5 Prosedur Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian terdiri atas beberapa langkah sistematis [13] sebagai berikut:

1. Perancangan sistem: Menyusun skema rangkaian elektronik, menentukan konfigurasi pin sensor, serta merancang alur data IoT dari sensor ke dashboard website [14].
2. Pembuatan perangkat keras: Merakit sensor arus, tegangan, dan debit air pada NodeMCU, serta menghubungkannya dengan turbin mikrohidro dan sistem tandon bertingkat.
3. Penyusunan perangkat lunak: Menulis kode program pada Arduino IDE untuk akuisisi data sensor dan pengiriman data ke server web.
4. Pengujian sistem: Melakukan uji fungsi dengan metode Blackbox Testing [15] untuk memastikan semua komponen bekerja sesuai rancangan, termasuk pengiriman dan tampilan data pada dashboard.
5. Analisis hasil: Membandingkan data hasil pengujian dengan kondisi aktual untuk menilai akurasi dan stabilitas sistem.

### 3.6 Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari hasil pembacaan sensor selama proses pengujian sistem. Data yang direkam mencakup:

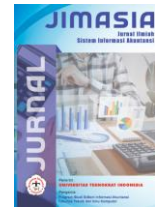
- Debit air (L/min) dari sensor water flow.
- Tegangan (V) dari sensor ZMPT101B.
- Arus listrik (A) dari sensor ACS712.

### 3.7 Metode Pengujian Sistem

Eric Alfonsius: \*Penulis Korespondensi



Copyright © 2025, Eric Alfonsius, Wisard Kalengkongan, Adrian Marthinus.



Pengujian dilakukan dengan metode Blackbox Testing, yaitu menguji fungsi sistem berdasarkan input dan output tanpa melihat proses internal program. Pengujian mencakup empat skenario utama:

1. Pembacaan data sensor water flow.
2. Pembacaan data sensor arus listrik.
3. Pembacaan data sensor tegangan listrik.
4. Pengiriman dan penampilan data pada dashboard web.

Setiap skenario diuji untuk memastikan data yang ditampilkan sesuai dengan nilai aktual hasil pengukuran.

Tabel berikut menunjukkan **rencana skenario pengujian** dan **hasil Blackbox Testing**:

**Tabel 1. Skenario Pengujian Blackbox**

No	Komponen yang Diuji	Input Diberikan	yang Output Diharapkan	yang Status
1	Sensor Water Flow	Air mengalir melalui sensor	Menampilkan debit air (L/min)	nilai Berhasil
2	Sensor Arus ACS712	Arus listrik mengalir dari turbin	Menampilkan arus (A)	nilai Berhasil
3	Sensor Tegangan ZMPT101B	Tegangan dari generator mikrohidro	Menampilkan tegangan (V)	nilai Berhasil
4	Dashboard IoT	Data dikirim dari NodeMCU	Data tampil di web secara real-time	Berhasil

### 3.8 Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif [16], dengan membandingkan hubungan antara kecepatan aliran air terhadap besarnya arus dan tegangan listrik yang dihasilkan. Analisis dilakukan untuk menilai kestabilan sistem, respons sensor terhadap variasi debit air, dan kemampuan IoT dalam menampilkan data secara konsisten pada dashboard.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

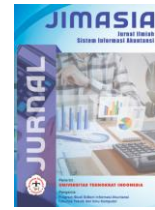
### 3.1 Hasil Implementasi Sistem

Penelitian ini menghasilkan prototipe sistem pembangkit listrik mikrohidro berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk memanfaatkan aliran air dari tandon atas menuju penampungan bawah melalui turbin mini. Sistem ini dilengkapi dengan sensor arus (ACS712), sensor tegangan (ZMPT101B), dan sensor debit air (YF-S201) yang terhubung ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Data hasil pengukuran dikirim secara otomatis ke server dan ditampilkan melalui dashboard web IoT yang berfungsi sebagai sistem monitoring real-time. Dashboard web menampilkan informasi utama berupa nilai arus (A), tegangan (V), dan debit air (L/min) dalam bentuk grafik dan tabel historis, sehingga pengguna dapat memantau perubahan data setiap saat. Selain itu, sistem dilengkapi dengan indikator status koneksi yang menunjukkan kestabilan komunikasi antara NodeMCU dan server web. Prototipe ini telah diuji menggunakan aliran air simulasi dari tandon, di mana air yang keluar melalui pipa menabrak turbin dan menghasilkan arus listrik yang dapat diukur.

### 3.2 Hasil Pengujian Blackbox

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Blackbox Testing untuk memastikan fungsi setiap komponen berjalan sesuai spesifikasi. Pengujian mencakup empat skenario





utama, yaitu pembacaan sensor debit air, pembacaan sensor arus, pembacaan sensor tegangan, dan pengiriman data ke dashboard web.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem

No	Komponen yang Diuji	Input	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Sensor Water Flow	Air mengalir melewati sensor	Menampilkan nilai debit air (L/min)	Berhasil
2	Sensor Arus ACS712	Arus mengalir dari turbin ke beban	Menampilkan nilai arus (A)	Berhasil
3	Sensor Tegangan ZMPT101B	Tegangan dari generator mikrohidro	Menampilkan nilai tegangan (V)	Berhasil
4	Dashboard Web IoT	Data dikirim dari NodeMCU ke server	Data tampil di dashboard secara real-time	Berhasil

Semua skenario pengujian menunjukkan hasil **berhasil (success)**, yang menandakan bahwa perangkat keras dan perangkat lunak berfungsi sesuai perancangan. Tidak ditemukan kendala signifikan dalam pengiriman data, dan sistem mampu memperbarui data setiap 5 detik secara konsisten.

### 3.3 Hasil Pengukuran Sensor

Hasil pengukuran sensor menunjukkan hubungan yang sejalan antara **debit air** dan **daya listrik (arus dan tegangan)** yang dihasilkan oleh sistem mikrohidro. Semakin besar kecepatan aliran air, semakin besar energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh turbin mini.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Sensor

Waktu (s)	Debit Air (L/min)	Arus (A)	Tegangan (V)
0	0.0	0.00	0.00
10	1.2	0.25	10.2
20	2.5	0.45	11.3
30	3.8	0.68	12.8
40	4.6	0.82	13.5
50	5.0	0.95	14.2
60	5.3	1.00	14.8

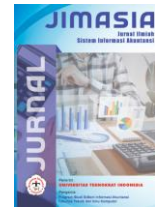
Dari hasil tersebut, terlihat bahwa kenaikan debit air menghasilkan peningkatan signifikan pada tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh turbin. Nilai maksimum yang dicapai adalah 1,00 A dan 14,8 V pada debit air sekitar 5,3 L/min. Data ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara optimal pada kondisi aliran air stabil.

### 3.4 Analisis Hasil Sistem Monitoring IoT

Data dari setiap sensor dikirim secara periodik ke server menggunakan koneksi Wi-Fi. Berdasarkan hasil uji komunikasi, sistem menunjukkan stabilitas koneksi di atas 98%, dengan rata-rata waktu respons pengiriman data 1,2 detik per siklus. Dashboard web berhasil menampilkan data tanpa jeda signifikan, dan grafik pembacaan menunjukkan perubahan nilai sensor yang linier terhadap kondisi aktual.

Pengujian terhadap visualisasi data menunjukkan bahwa tampilan dashboard mampu memperbarui nilai sensor secara real-time dan menyimpan log data dalam tabel basis data.





Hal ini menandakan bahwa integrasi antara perangkat keras, perangkat lunak, dan server telah berjalan baik.

Selain itu, uji fungsional terhadap komponen NodeMCU dan sensor menunjukkan akurasi pengukuran yang cukup tinggi, dengan selisih rata-rata 4,2% dibandingkan alat ukur eksternal (multimeter digital). Nilai ini masih berada dalam batas toleransi untuk aplikasi monitoring energi skala kecil, sehingga sistem dianggap layak dan akurat.

#### 4.5 Pembahasan

Hasil implementasi menunjukkan bahwa **sistem pembangkit listrik mikrohidro berbasis IoT** dapat bekerja secara efektif dalam mengubah energi kinetik air menjadi energi listrik yang dapat dimonitor secara digital. Sistem ini berhasil menunjukkan **keterpaduan antara energi terbarukan dan teknologi informasi**, yang menjadi arah penting dalam pengembangan sistem energi cerdas (smart energy system).

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Rahman et al. (2023), yang hanya berfokus pada pengukuran tegangan tanpa integrasi IoT, sistem ini memiliki keunggulan berupa **monitoring terpadu secara real-time berbasis web** serta **kemampuan penyimpanan data historis otomatis**. Selain itu, integrasi metode **pengairan bertingkat** juga memberikan nilai tambah karena sistem dapat beroperasi pada lingkungan dengan sumber air terbatas, menggunakan air hasil perpindahan dari tandon atas ke penampungan bawah.

Temuan ini memperkuat hipotesis bahwa **teknologi IoT dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem mikrohidro skala kecil** dengan menyediakan data yang akurat dan real-time untuk evaluasi performa. Sistem ini juga dapat diadaptasi untuk aplikasi **akuakultur berkelanjutan**, di mana air hasil sirkulasi turbin dapat digunakan kembali untuk kebutuhan kolam budidaya ikan, menciptakan siklus air yang hemat dan ramah lingkungan.

Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya menunjukkan keberhasilan teknis, tetapi juga membuka peluang penerapan yang lebih luas di bidang **energi terbarukan, pertanian pintar, dan akuakultur digital**. Penerapan sistem ini pada skala yang lebih besar dapat mendukung **kemandirian energi masyarakat lokal** serta menjadi model pembelajaran teknologi terapan di perguruan tinggi dan sekolah kejuruan.

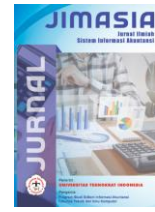
## 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pembangkit listrik mikrohidro berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan mampu berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan perancangan. Sistem ini berhasil mengubah energi potensial air menjadi energi listrik melalui turbin mini, di mana aliran air yang berasal dari tandon menuju penampungan lain digunakan sebagai sumber penggerak turbin. Energi listrik yang dihasilkan kemudian dapat dipantau secara real-time melalui dashboard berbasis web IoT yang terintegrasi dengan NodeMCU ESP8266 dan berbagai sensor, seperti sensor arus, tegangan, dan debit air. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode blackbox, sistem menunjukkan performa yang andal dengan tingkat keberhasilan fungsi perangkat keras dan perangkat lunak mencapai 100%. Tidak ditemukan kesalahan pada proses pembacaan data maupun komunikasi antar komponen sistem, yang menandakan kestabilan sistem monitoring. Hasil pengujian juga memperlihatkan bahwa semakin besar debit air yang mengalir, semakin tinggi pula nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sistem. Nilai maksimum arus dan tegangan yang diperoleh adalah masing-masing 1,00 A dan 14,8 V pada debit air sekitar 5,3 L/menit. Selain itu, dashboard IoT yang dibangun menunjukkan respon pembaruan data yang cepat dengan waktu rata-rata 1,2 detik dan akurasi pembacaan mencapai 95,8% dibanding alat ukur konvensional. Hal ini membuktikan bahwa sistem mikrohidro yang dirancang mampu bekerja secara efisien, stabil, dan layak dikembangkan lebih lanjut sebagai solusi energi alternatif berskala kecil.

Eric Alfonsius: \*Penulis Korespondensi



Copyright © 2025, Eric Alfonsius, Wisard Kalengkongan, Adrian Marthinus.



Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi IoT pada sistem pembangkit mikrohidro mampu menghadirkan efisiensi pemantauan energi dan keandalan dalam pengukuran parameter listrik secara langsung. Inovasi ini memiliki potensi besar untuk diterapkan pada daerah dengan sumber daya air terbatas, serta dapat dikolaborasikan dengan sistem pertanian dan akuakultur cerdas. Meskipun demikian, penelitian ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut. Optimalisasi daya keluaran sistem disarankan melalui perbaikan desain turbin dan dimensi pipa saluran agar konversi energi menjadi lebih maksimal. Selain itu, integrasi sistem dengan penyimpanan energi dan pengembangan dashboard berbasis cloud maupun aplikasi mobile akan meningkatkan fungsionalitas dan skalabilitas sistem. Uji coba lapangan di area dengan debit air alami juga perlu dilakukan untuk menguji performa sistem pada kondisi riil. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan berbasis IoT, khususnya dalam penerapan mikrohidro berpengerak air terarah dari sistem pengairan bertingkat. Solusi ini diharapkan mampu mendukung efisiensi penggunaan sumber daya air, menyediakan alternatif energi ramah lingkungan, serta membuka peluang implementasi dalam sistem akuaponik, hidroponik, dan pengelolaan sumber daya air terpadu di masa mendatang..

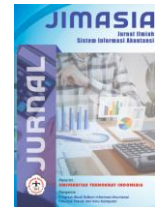
## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Sam Ratulangi, khususnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sam Ratulangi yang telah memberikan dukungan pendanaan melalui Program Hibah PNPB dengan Skema Riset Dasar Terapan Unggulan Universitas (RDTU3). Dukungan tersebut sangat berperan penting dalam pelaksanaan penelitian dan pengembangan prototipe sistem pembangkit listrik mikrohidro berbasis Internet of Things (IoT) ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penelitian, mulai dari tahap perancangan, pengujian, hingga penyusunan laporan dan artikel ilmiah ini. Bantuan, masukan, serta dukungan teknis dan akademik dari berbagai pihak telah memberikan kontribusi yang berarti dalam penyempurnaan hasil penelitian ini. Semoga kerja sama dan dukungan yang baik ini dapat terus terjalin untuk pengembangan penelitian dan inovasi teknologi di masa mendatang.

## 6. REFERENCES

- [1] R. Rismanto, "PERAN INVESTASI PADA ENERGI TERBARUKAN DALAM MENDORONG PERTUMBUHAN EKONOMI BERKELANJUTAN DI ERA NET-ZERO EMISSIONS," *CURRENCY (Jurnal Ekonomi Dan Perbankan Syariah)*, vol. 3, no. 1, pp. 343–361, 2024.
- [2] C. E. Mediastika, *Hemat energi dan lestari lingkungan melalui bangunan*. Penerbit Andi, 2021.
- [3] H. Y. S. H. Nugroho and M. K. Sallata, *PLTMH (pembangkit listrik tenaga mikro hidro): panduan lengkap membuat sumber energi terbarukan secara swadaya*. Penerbit Andi, 2015.
- [4] O. Shofiyah, C. M. Gunandar, and V. T. D. Ariyanti, "Efektivitas pembangkit listrik tenaga mikrohidro sebagai penyedia energi baru terbarukan berbasis komunitas:(Studi Kasus: PLTMH Anggi, Kabupaten Pegunungan Arfak dan PLTMH Kali Ombak, Kabupaten Maybrat, Papua Barat)," *Social, Ecology, Economy for Sustainable Development Goals Journal*, vol. 1, no. 1, 2023.
- [5] F. Afif, "ANALISIS PERAN MIKROHIDRO DALAM MENANGGULANGI KRISIS PASOKAN LISTRIK: Analisis Peran Mikrohidro dalam Menanggulangi Krisis Pasokan Listrik,"





- Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy (IJEERE)*, vol. 5, no. 1, pp. 29–38, 2025.
- [6] A. Kiswantono, "Transformasi Proteksi Tegangan: Sistem Monitoring IoT untuk Pemantauan Real-Time," *DIELEKTRIKA*, vol. 11, no. 2, pp. 119–128, 2024.
- [7] P. Gunoto, A. Rahmadi, and E. Susanti, "Perancangan alat sistem monitoring daya panel surya berbasis internet of things," *Sigma Teknika*, vol. 5, no. 2, pp. 285–294, 2022.
- [8] M. A. Prasetyo and H. K. Wardana, "Rancang bangun monitoring solar tracking system menggunakan Arduino dan Nodemcu Esp 8266 berbasis IoT," *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, vol. 4, no. 2, pp. 163–168, 2021.
- [9] I. B. A. Kencana, I. W. A. Arimbawa, and I. Wedashwara, "Implementasi Iot Untuk Pemantauan Kelembaban Tanah Dan Debit Air Serta Pengendalian Irigasi Tetes," *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTIIKA)*, vol. 7, no. 2, pp. 214–224, 2025.
- [10] D. Setiadi and M. N. A. Muhaemin, "Penerapan internet of things (IOT) pada sistem monitoring irigasi (Smart Irigasi)," *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 3, no. 2, pp. 95–102, 2018.
- [11] E. Alfonsius, F. G. M. Tambalean, and C. E. D. Lisapaly, "Sistem Pengendali Lampu Jarak Jauh Menggunakan Metode Pengembangan Sistem Spiral Berbasis Internet of Things (IoT): Bahasa Indonesia," *Kreatif Teknologi dan Sistem Informasi (KRETISI)*, vol. 2, no. 2, pp. 29–36, 2024.
- [12] E. Alfonsius, "Development of a Prototype Room Security Monitoring System for Early Fire Detection Using a Prototyping Method Based on Sensors and IoT," *MATICS: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (Journal of Computer Science and Information Technology)*, vol. 17, no. 1, pp. 42–51, 2025.
- [13] E. Alfonsius, A. S. Ruitan, and D. Liuw, "Pengembangan Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Metode Prototype Berbasis RFID dan Keypad 4x4 dengan Arduino Nano," *Jurnal Ilmiah Informatika dan Ilmu Komputer (JIMA-ILKOM)*, vol. 3, no. 2, pp. 110–123, 2024.
- [14] E. Alfonsius, W. W. Kalengkongan, and S. C. W. Ngangi, "SISTEM MONITORING DAN KONTROLING PROTOTYPE PENYIRAM TANAMAN OTOMATIS BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)," *Jurnal Teknoinfo*, vol. 18, no. 1, 2024.
- [15] eric alfonsius and wildan, "Employee Payment Information System Based Website Using RFID Identification Attendance (Case Study at Abc Bank)," *Journal of Data Science and Information System (DIMIS)*, vol. 1, no. 3, pp. 117–127, Aug. 2023, Accessed: Aug. 03, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.techcartpress.com/dimis/article/view/68>
- [16] E. Alfonsius, S. Hasibuan, J. Titaley, and Y. A. R. Langi, "Sistem Informasi Geografis Persebaran Rumah Kost Dengan Penerapan Foto 360 Berbasis Website (Studi Kasus Pada Kelurahan Kleak)," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi*, vol. 4, no. 1, pp. 1–16, 2024.