

## Prototipe Sistem Monitoring pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

### *Prototype of Monitoring System for Micro-hydro Power Plant*

Ramadoni Syahputra\*, Revi Muhammad Fasha, Anna Nur Nazilah Chamim, Kunnu Purwanto

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia.

\*Corresponding author email: [ramadoni@umy.ac.id](mailto:ramadoni@umy.ac.id)



#### **Kata Kunci:**

Mikro-hidro; energi  
terbarukan; sistem  
monitoring; sistem cerdas

#### **Abstrak**

Energi potensial hidro, sumber energi baru dan berkelanjutan yang mencakup pembangkit listrik tenaga mikro-hidro, penting untuk dikembangkan sebagai sumber daya alternatif yang sangat bermanfaat bagi lingkungan. Pengaturan inlet air mikro hidro saat ini masih dilakukan secara manual. Hal ini menjadi perhatian karena memerlukan banyak sumber daya manusia dan jika dilakukan secara manual, akurasi tidak terlalu baik. Sebelumnya, sistem pemantauan hanya dapat diamati di dekat generator dan tidak dari jarak jauh. Dalam penelitian ini dikembangkan sistem monitoring sehingga dapat diakses kapan saja dan dari lokasi manapun menggunakan aplikasi smartphone. Saluran masuk air dirancang untuk diatur secara otomatis menggunakan aplikasi smartphone untuk mengatasi masalah tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang telah dibangun dapat bekerja dengan baik.

#### **Keywords:**

*Micro-hydro; renewable  
energy; monitoring  
system; smart system*

#### **Abstract**

*Hydro potential energy, a new and sustainable energy source that includes a micro hydropower plant, needs to be created as an alternative resource that is very environmentally beneficial. The micro-hydro water inlet's regulation is still made manually at this moment. This is a concern because it consumes a lot of human resources and, if done manually, the accuracy is not very good. Previously, the monitoring system could only be observed close to the generator and not remotely. Furthermore, the monitoring system will be developed and coded such that it can be accessed at any time and from any location using a smartphone application. The water inlet is designed to be regulated automatically using a smartphone application to address the issues. The findings suggest that the system that has been constructed can perform admirably.*

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik terus meningkat dari tahun ke tahun (Suripto dkk, 2019). Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang memungkinkan pertumbuhan penggunaan produk-produk yang membutuhkan tenaga listrik (Younas dkk, 2018; Ardiyanto dkk, 2019; Chamim dkk, 2020). Dengan demikian, potensi energi air yang merupakan sumber energi baru dan terbarukan harus dikembangkan sebagai sumber daya alternatif yang ramah lingkungan, salah satunya Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). PLTMH adalah pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan tenaga air sebagai penggerakannya, seperti saluran irigasi, sungai, atau air terjun alami, dengan memanfaatkan head dan volume air yang dibuang (Sirad dkk, 2017; Has dkk, 2018; Syahputra dkk, 2020). Kontrol PLTMH terhadap aliran masuk air saat ini masih dioperasikan secara manual. Ini menjadi masalah karena membutuhkan jumlah personel yang berlebihan dan jika dilakukan secara manual, tingkat akurasi juga tidak memadai. Sebelumnya, sistem pemantauan hanya dapat diamati di dekat generator dan tidak dapat diperiksa dari jarak jauh. Untuk mengatasi kekurangan PLTMH saat ini dibangun dan dikodekan sedemikian rupa sehingga saluran masuk air dapat diatur secara otomatis menggunakan aplikasi smartphone. Selain itu, sistem pemantauan akan dikembangkan dan dikonfigurasi sedemikian rupa sehingga dapat dipantau setiap saat dan dari lokasi mana pun melalui aplikasi smartphone.

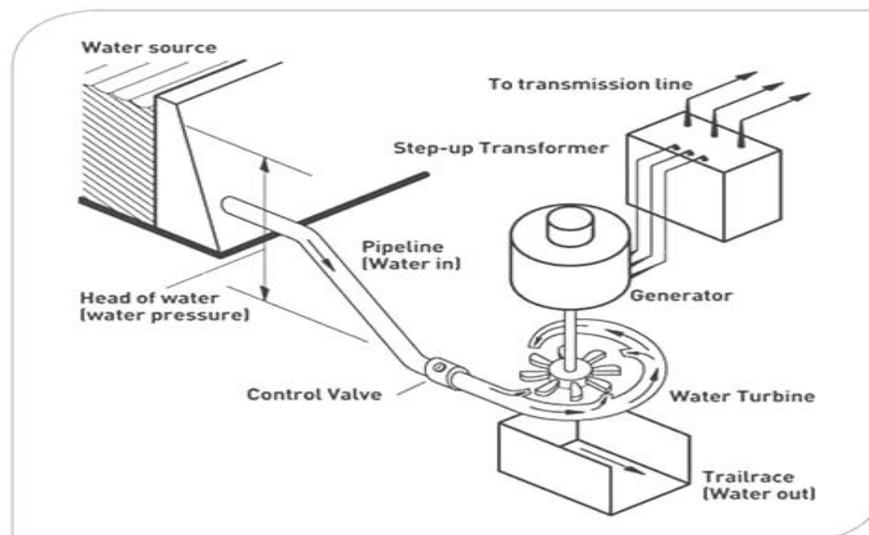
Suyono dkk (2018) melakukan penelitian pada penyulang pada sistem distribusi 20 kV untuk mengetahui dampak pembangkit energi terbarukan pada sistem yang ada. Pembangkit Listrik Tenaga Angin dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro telah dilaksanakan berdasarkan potensi yang ada. Injeksi dua jenis pembangkit listrik energi terbarukan yang berbeda dapat memenuhi kebutuhan listrik sistem sekaligus meningkatkan profil tegangan dan rugi daya sistem. Injeksi memiliki efek yang lebih besar pada sistem dinamis daripada sistem sebelumnya. Status sistem sebelum dan selama injeksi pembangkit listrik energi terbarukan ke dalam sistem distribusi menunjukkan bahwa tetap stabil dan dalam batas toleransi. Penelitian lain terkait desain PLTMH untuk meningkatkan kinerjanya telah dilakukan oleh Ginting dkk (2018) dan Rahmat dkk (2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memastikan proses yang terlibat dalam merancang dan mengimplementasikan Prototipe Sistem Pemantauan dan Pengendali PLTMH dan untuk memeriksa operasi sistem. Pembaca dapat memperoleh wawasan tentang pengembangan Prototipe Sistem Monitoring dan Pengendali PLTMH dengan memanfaatkan aplikasi blynk hasil penelitian ini. Selain itu, dapat berfungsi sebagai panduan untuk mengembangkan Prototipe Sistem Monitoring dan Pengendali PLTMH.

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Mikrohidro Pembangkit Listrik Tenaga Listrik Skala Kecil adalah pembangkit listrik skala kecil yang beroperasi atas dasar tenaga air, seperti saluran irigasi, sungai, atau air terjun alami, dengan memanfaatkan head dan volume air dibuang. Mikrohidro, dalam bentuknya yang paling sederhana, memanfaatkan energi potensial yang terkandung dalam air yang jatuh. Semakin besar ketinggian tetesan air, semakin banyak energi potensial yang ada di dalam air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Mikrohidro juga disebut sebagai sumber daya putih atau “energi putih” karena instalasi pembangkit listrik ini memanfaatkan sumber daya alam dan bermanfaat bagi lingkungan. Pembangkit listrik PLTMH adalah pembangkit dengan kapasitas kurang dari 200 kW.

Mikrohidro terdiri dari tiga komponen utama, yaitu air (sumber energi), turbin, dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu dialirkan ke rumah instalasi pada ketinggian tertentu. Di rumah instalasi, air akan menyerang turbin, yang akan menyerap energi dari air dan mengubahnya menjadi energi mekanik melalui putaran poros turbin. Sambungan kemudian mentransmisikan poros yang berputar ke generator. Energi listrik dibuat oleh generator dan kemudian disalurkan melalui sistem kontrol arus listrik ke beban.

Mikrohidro memiliki potensi yang sangat besar dan harus dibina oleh negara sebagai sumber energi alternatif yang mampu memenuhi kebutuhan listrik di daerah terpencil. Penggunaan baru tersebut mewakili 13,5 persen dari kapasitas terpasang 75.000 MW. Masih tersisa sekitar 10.125 MW yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Sisanya 64.875 MW belum terpakai. Gambar 1 menunjukkan tipikal skema pembangkit listrik tenaga mikro hidro.

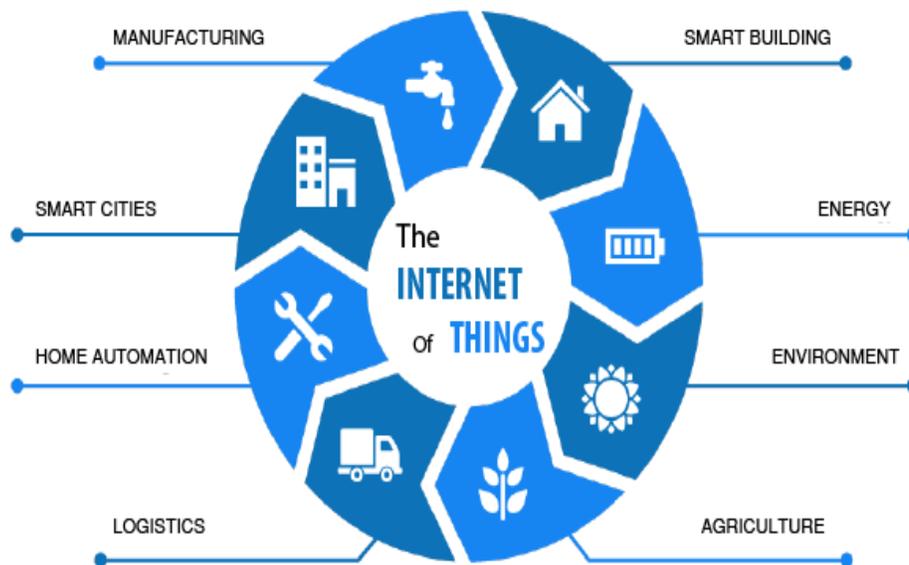


**Gambar 1.** Skema pembangkit listrik tenaga mikro hidro

*Internet for everything*, atau yang lebih sering disebut dengan *Internet of Things* (IoT), adalah sebuah konsep yang memanfaatkan jaringan internet untuk terus terhubung ke sesuatu, seperti berbagi informasi dari departemen manajemen sumber daya di area tertentu. Gambar 2 mengilustrasikan hierarki *Internet of Things*. Dalam bentuknya yang paling sederhana, *Internet of Things* mengacu pada objek yang ditetapkan sebagai perwujudan virtual dalam sistem berbasis internet. *Internet of Things* awalnya disebutkan pada tahun 1999 oleh seorang karakter bernama Kevin Ashton. Auto-ID Center di MIT mempopulerkan istilah tersebut.

IoT adalah jaringan perangkat komputasi yang saling berhubungan, mesin mekanis dan digital, objek, hewan, dan orang-orang yang diberi pengenal unik (UID) dan mampu bertukar data melalui jaringan tanpa memerlukan manusia-ke-manusia atau manusia-ke-interaksi komputer. Pada *Internet of Things*, sesuatu dapat berupa seseorang yang ditanamkan dengan monitor jantung, hewan ternak yang ditanamkan dengan transponder biochip, mobil yang dilengkapi dengan sensor built-in yang memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah, atau lainnya. objek buatan manusia yang dapat diberi alamat Protokol Internet (IP) dan mampu mentransfer data melalui jaringan.

Saat ini, aplikasi IoT sudah merambah banyak bidang. Berbagai industri dan organisasi sudah mulai banyak menerapkan IoT. Organisasi di berbagai industri semakin memanfaatkan IoT untuk meningkatkan efisiensi operasional, lebih memahami pelanggan untuk memberikan layanan pelanggan yang unggul, meningkatkan pengambilan keputusan, dan meningkatkan nilai bisnis. Ekosistem IoT terdiri dari perangkat pintar berkemampuan web yang mengumpulkan, mengirim, dan bertindak berdasarkan data yang diperoleh dari lingkungan mereka melalui sistem tertanam seperti prosesor, sensor, dan perangkat keras komunikasi.

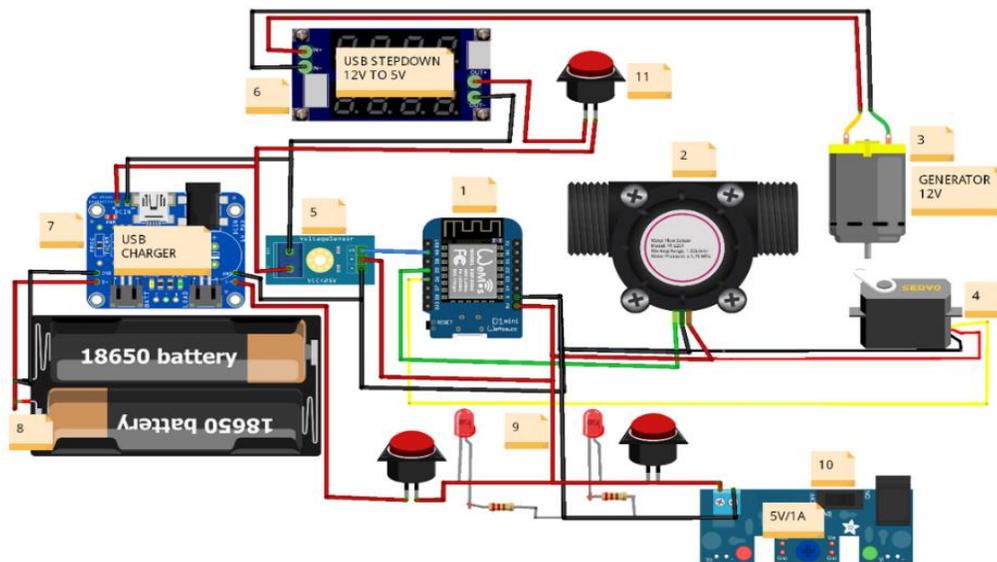


**Gambar 2.** Konsep *internet of things*

Popularitas IoT telah menyalip sistem manual atau semi manual dalam berbagai kegunaan. IoT sangat diuntungkan dengan tersedianya jaringan internet yang semakin luas di seluruh dunia. Perangkat IoT bertukar data sensor dengan menghubungkan ke *gateway* IoT atau perangkat edge lainnya, yang menganalisis data baik di *cloud* atau secara lokal. Kadang-kadang, perangkat ini berkomunikasi satu sama lain dan bertindak berdasarkan informasi yang mereka terima. Meskipun manusia dapat terlibat dengan perangkat – misalnya, untuk mengaturnya, memberi mereka instruksi, atau mengambil data – gadget melakukan sebagian besar pekerjaan mereka tanpa bantuan manusia.

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem monitoring dan kontrol untuk PLTMH berbasis IoT. Perancangan alat diawali dengan melakukan observasi dengan tujuan mengumpulkan data sehingga dapat menjawab permasalahan secara detail dan tepat. Selain pengumpulan data, perlu juga penggalian informasi dari berbagai sumber agar diperoleh data yang akurat. Penelitian juga dilakukan secara langsung dalam proses perancangan alat. Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, dibuat diagram blok untuk mendapatkan gambaran dari sistem yang dibuat, selanjutnya dilakukan perancangan wiring sistem, perancangan PCB, penentuan komponen, dan simulasi sistem menggunakan *software*. Komposisi PLTMH berbasis IoT ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram komponen sistem monitoring PLTMH berbasis IoT

Setelah sistem dirancang, maka dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem beroperasi sebagaimana dimaksud dan sesuai dengan spesifikasi. Pada tahap ini, ditentukan apakah setiap sensor beroperasi dengan baik atau sinkron dengan output aplikasi Blynk, dan apakah generator dapat menyimpan energi listrik yang cukup dalam baterai untuk menyalakan lampu LED. Jika ada masalah dengan sistem, prosedur perbaikan diikuti, dan jika semuanya berfungsi sebagaimana dimaksud, sistem dikembalikan ke layanan.

Pengambilan data hanya mungkin jika sistem lengkap beroperasi. Akibatnya, pengumpulan data adalah tahap akhir dari proses studi. Tujuan pengumpulan data ini adalah untuk memastikan reaksi dan keandalan sistem yang diusulkan. Langkah ini mengumpulkan data dari masing-masing sensor, khususnya sensor aliran air dan sensor tegangan. Pengumpulan data juga dapat menjadi faktor penentu dalam menentukan apakah suatu sistem bekerja dengan baik atau tidak.

Kami mengembangkan sistem pemantauan prototipe dan pengontrol PLTMH menggunakan IoT dalam proyek ini. Dua sensor dan satu motor terdiri dari alat ini. Sensor tegangan dan sensor aliran air digunakan. Sensor tegangan alat ini mengukur besarnya tegangan yang diberikan pada generator, sedangkan sensor aliran air mengukur jumlah air yang mengalir. Motor servo digunakan untuk menggerakkan kran sesuai dengan perintah aplikasi blynk. Alhasil, saat pahat dijalankan, semua keluaran dari sensor dan pengontrol ditampilkan pada aplikasi blynk. Selain itu, gadget ini menggunakan stepdown USB untuk mengurangi dan menyeimbangkan tegangan generator, mengubahnya dari 12 menjadi 5 volt.

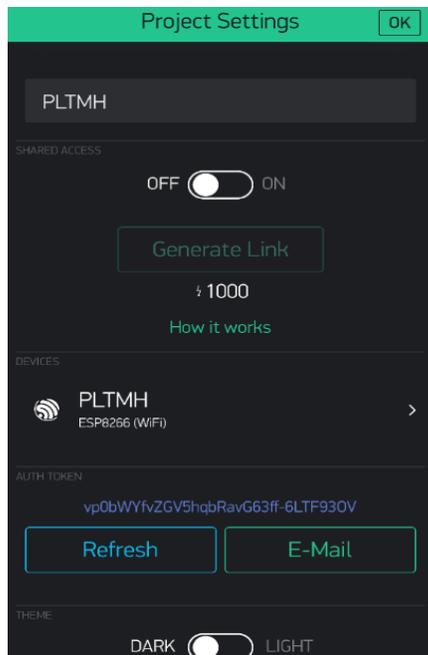
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rancangan Antarmuka Perangkat Lunak Blynk

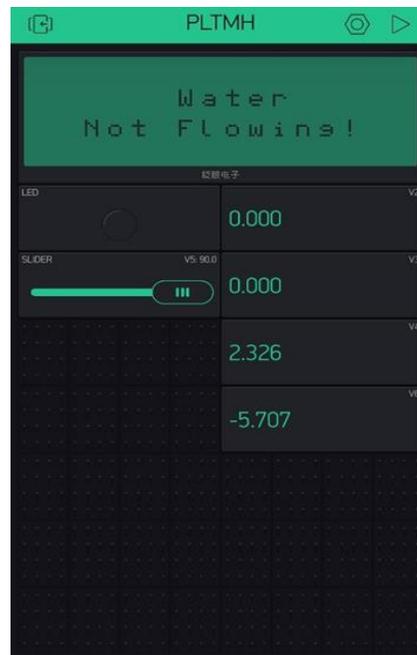
Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini membahas tentang hasil pengujian alat, dan keterbatasan yang ada pada alat ini. Hasil pengujian alat dilakukan dengan analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif berupa keberhasilan alat dalam menyimpan energi listrik pada baterai. Analisis kuantitatif pada alat ini berupa nilai tegangan, nilai debit arus air yang dipengaruhi oleh perubahan volume air. Keterbatasan alat ini dapat dijadikan sebagai pembandingan untuk penelitian selanjutnya.

Program blynk diperlukan untuk menyediakan antarmuka pemantauan tegangan pada PLTMH yang dapat diakses dari ponsel berbasis Android. Aplikasi blynk tersedia untuk diunduh gratis dari Google Play Store. Setelah meluncurkan blynk, navigasikan ke >> Masuk >> Proyek Baru >> Edit nama proyek dan konfigurasi perangkat >> Buat. Kode otentikasi dalam perangkat lunak blynk menggunakan token unik. Salin kode otentikasi secara langsung atau kirimkan melalui email, seperti diilustrasikan pada Gambar 4.

Kita bisa menambahkan widget ke aplikasi blynk sesuai kebutuhan. Widget yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 5. Widget aplikasi Blynk akan mengeluarkan data dari sensor aliran air (V1, V2, V3, dan V4), sensor tegangan (V6), dan pengontrol motor servo (V5).



**Gambar 4.** Tampilan pengaturan proyek pada aplikasi blynk



**Gambar 5.** Tampilan widget yang digunakan dalam aplikasi blynk

### Uji Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Perancangan model sistem monitoring PLTMH berbasis *internet of things* (IoT) pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mini wemos d1, generator, sensor aliran air, motor servo, dan beberapa komponen lainnya. Selanjutnya menggunakan sensor tegangan dan baterai sebagai penyimpan energi listrik dari generator. Pengujian alat terdiri dari pengukuran tegangan yang dihasilkan oleh generator, kecepatan aliran air pada sensor aliran air, dan pengujian keberhasilan alat menggunakan pengujian baterai.

Pengukuran tegangan dilakukan untuk membandingkan nilai tegangan pada beberapa kondisi keran terbuka hingga akhirnya tertutup. Pengukuran tegangan dilakukan dua kali yaitu pengukuran tegangan tanpa menggunakan USB *stepdown* dan dengan USB *stepdown*. Setiap percobaan dilakukan dengan enam kondisi keran yang berbeda, mulai dari keran terbuka penuh hingga keran tertutup. Hasil pengukuran tegangan tanpa dan dengan USB *stepdown* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengukuran tegangan tanpa dan dengan USB *stepdown*

Nomor	Posisi kran (°)	Debit air (L/menit)	Tegangan Output AC (volt)	
			Tanpa USB <i>Stepdown</i>	Dengan USB <i>Stepdown</i>
1	0	0,34145	11,750	5,642
2	20	0,33336	11,701	5,568
3	40	0,30631	11,677	5,471
4	60	0,27575	6,622	1,349
5	80	0,22811	0	0
6	90	0	0	0

Pada Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa tegangan maksimum yang diperoleh tanpa *stepdown* adalah 11,750 volt, dan dengan *step-down* adalah 5,642 volt. Perbedaan hasil ini bisa karena mengikuti *step down* yaitu sebagai penurun tegangan, sehingga genset dengan tegangan maksimal 12 volt menjadi 5 volt. Penggunaan *stepdown* pada alat ini bertujuan untuk mengisi baterai yang tegangannya hanya 4,7 volt. Jika tegangan pada generator tidak diturunkan, maka akan terjadi tegangan lebih. Tegangan yang dihasilkan jika generator tidak menggunakan *step-down* tidak stabil. Namun, setelah menggunakan *stepdown*, tegangan menjadi stabil sesuai dengan fungsi *step-down*, menyesuaikan tegangan.

Dari hasil percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa semakin banyak debit air generator maka semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan. Fakta ini mengikuti energi potensial yang dimilikinya. Semakin besar energi potensial suatu benda, semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan.

Pengujian baterai dapat digunakan untuk menentukan keberhasilan alat. Pada tahap pengujian baterai, periksa untuk memverifikasi apakah alat berfungsi dengan baik dengan melihat apakah generator dapat mengisi baterai. Percobaan dilakukan dalam pengujian ini untuk menentukan berapa lama generator dapat mengisi baterai dan berapa hari yang diperlukan untuk menentukan apakah generator dapat mengisi baterai. Temuan eksperimen berikut menunjukkan hasil pengujian baterai. koneksi Tegangan awal baterai adalah 4,06 volt.

Tegangan baterai meningkat sebesar 0,015 volt menjadi 4,075 volt setelah generator berputar selama 2 menit dengan debit air sebesar 0,34145 liter/menit. Dibutuhkan 626,67 menit atau 10 jam 44 menit untuk mengisi penuh baterai dari baterai kosong.

Percobaan ini dilakukan untuk melihat apakah generator dapat mengisi baterai dan berapa lama waktu yang dibutuhkan generator untuk mengisi baterai dari kosong hingga terisi penuh. Hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan bahwa generator dapat mengisi baterai 0,015 volt setiap 2 menit dan ingin mengisi baterai sepenuhnya jika kosong, yang membutuhkan waktu 10 jam 44 menit.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan prototipe sistem monitoring PLTMH yang dirancang-bangun telah bekerja secara memuaskan. Generator yang dipasang di bawah kran air dapat menghasilkan tegangan tertinggi mencapai 11,750 volt. Setelah dipasang USB *stepdown* menghasilkan tegangan tertinggi mencapai 5,642 volt dengan debit air 0,3 liter/menit. Sistem monitoring dan pengendali pada

prototipe PLTMH berbasis aplikasi Blynk berjalan dengan baik. Dua sensor yang digunakan adalah sensor tegangan dan sensor aliran air yang membaca sesuai dengan inputnya. Sensor tegangan dan sensor aliran air berhenti membaca jika kran air ditutup oleh motor servo pada 80°. Motor servo berjalan dengan baik sehingga bergerak sesuai perintah pada aplikasi Blynk.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek RI) dan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas kontribusinya dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Ardiyanto, Y., Sujoko, I. T., Wibowo, W. A., Nugraha, V. D. H., & Saputra, F. E. (2019). Prototype design of unmanned surface ship to detect illegal fishing using solar power generation technology. *Journal of Electrical Technology UMY*, 3(1), 14-18. <https://doi.org/10.18196/jet.3149>
- Chamim, A. N. N., Irawan, A. P., & Syahputra, R. (2020). Implementation of automatic transfer switch on the solar home system at the goat farm houses. *Journal of Electrical Technology UMY*, 4(2), 79-86. <https://doi.org/10.18196/jet.v4i2.10680>
- Ginting, S., Simatupang, J. W., Bukhori, I., & Kaburuan, E. R. (2018). Monitoring of electrical output power-based internet of things for micro-hydro power plant. *International Conference on Orange Technologies (ICOT)*, 1-7. <http://doi.org/10.1109/ICOT.2018.8705786>.
- Has, Z., Rosyidi, A. Z., Pakaya, I., Mardiyah, N. A., Nurhadi, N., & Effendy, M. (2018). Integrated frequency control of microhydro power plant based flow valve control and electronic load controller, *IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC)*, 244-249. <http://doi.org/10.1109/SPC.2018.8704153>
- Rahmat, A., Kurniawan, A., & Yusmar, Y. (2020). Challenges and strategies to reduce cost of production in isolated electricity systems with optimization of renewable energy at Central Sulawesi. *International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP)*, 121-124. <http://doi.org/10.1109/ICT-PEP50916.2020.9249831>
- Sirad, M. A. H. (2017). Analysis of the potential of renewable energy in South Sulawesi as power electrical needs. *Journal of Electrical Technology UMY*, 1(4), 196-201. <https://doi.org/10.18196/jet.1426>
- Suripto, S., Al Hasibi, R. A., Wiyagi, R. O., Sanupal, S., Jusman, Y., & Aribowo, D. (2019). Analysis of the utilization of Putri Cempo landfill waste for power plants and their effects on the Surakarta electric power distribution network. *Journal of Electrical Technology UMY*, 3(4), 125-134. <https://doi.org/10.18196/jet.3463>
- Suyono, H., Shidiq, M., Ferdianzah, A. N., Utomo, T., Musirin, I., & Awal, L. J. (2018). Dynamic stability impact of the hybrid wind and microhydro renewable energy sources on the distribution system. *Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)*, 15-20. <https://doi.org/10.1109/EECCIS.2018.8692793>.
- Syahputra, R., & Soesanti, I. (2020). Planning of hybrid micro-hydro and solar photovoltaic systems for rural areas of Central Java, Indonesia. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2020, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2020/5972342>
- Younas, M., Kamal, R., Khalid, M. S., & Qamar, A. (2018). Economic planning for remote community microgrid containing solar PV, biomass gasifier and microhydro. *Clemson University Power Systems Conference (PSC)*, 1 – 7. <https://doi.org/10.1109/PSC.2018.8664025>