

MOMIDRO: Sistem *Monitoring* Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis IoT pada Laboratorium Ketenagaan FTI UII

Dio Trie Ramadhan¹, Yanayir Ahmad², Indah Suryani Putri³, Firdaus*⁴

^{1,2,3,4} Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

*Corresponding E-mail: firdaus@uii.ac.id

ABSTRAK

Saat ini terdapat modul Pembangkit Listrik Tenaga (PLT) Mikrohidro di Laboratorium Ketenagaan Fakultas Teknologi Industri (FTI) Universitas Islam Indonesia (UII). Pengguna harus melakukan pengukuran secara manual *on-site* ketika membutuhkan data performa energi dari PLT Mikrohidro, sehingga cukup merepotkan. Perlu dicari solusi supaya pencatatan data performa bisa dilakukan dengan mudah, maka diusulkan sistem *monitoring* performa energi listrik AC berbasis *Internet of Thing* (IoT) pada Pembangkit Listrik Tenaga (PLT) Mikrohidro (MOMIDRO). Dengan sistem ini, pengguna cukup mengakses akun melalui *browser* untuk memonitor data performa secara akurat dan *real-time*. MOMIDRO menyediakan data pembacaan tegangan, arus, daya aktif, dan energi. Pengujian sistem dilakukan dengan memanfaatkan beban dari RLC Load. Sistem dapat melakukan *monitoring* dengan baik secara *real-time*. Hasil pembacaan modul sensor PZEM-004T pada sistem ini memiliki nilai *error* rata-rata pembaca tegangan, arus, daya, dan energi masing-masing sebesar 0,7%, 21,2%, 2,32% dan 28,7%. Persentase *error* nilai arus dan energi cukup besar dikarenakan nilai arus dan energi yang sangat kecil, namun jika dilihat nilai selisihnya maka hasil pembacaan sensor sangat mendekati nilai acuan.

Kata Kunci: PLT Mikrohidro, *Internet of Thing*, *Monitoring*, PZEM-004T

ABSTRACT

There is a Micro-hydro Power Plant module at the Laboratory of Electric, the Faculty of Industrial Technology (FTI) of the Islamic University of Indonesia (UII). Users must take measurements manually on-site when they need energy performance data from Microhydro Power Plant, which is quite a hassle. It is necessary to find a solution so that recording performance data can be done quickly. A monitoring system for AC electrical energy performance based on the Internet of Things (IoT) is proposed at the Microhydro Power Plant (MOMIDRO). With this system, users access their accounts via a browser to monitor performance data accurately and in real-time. MOMIDRO provides voltage, current, active power, and energy readings. System testing is done by utilizing the load from the RLC Load. The system can do good monitoring in real-time. The results of this system's PZEM-004T sensor module readings have average error values for voltage, current, power, and energy readers of 0.7%, 21.2%, 2.32%, and 28.7%, respectively. The percentage error of current and energy values is quite significant because the current and energy values are minimal. However, if we look at the difference in value, the sensor readings are very close to the reference value.

Keywords: *Micro-hydro Power Plant, Internet of Things, Monitoring, PZEM-004T*

1. PENDAHULUAN

Saat ini *monitoring* performa energi listrik yang dihasilkan oleh prototipe Pembangkit Listrik Tenaga (PLT) Mikrohidro FTI UII masih dilakukan secara *on-site*, dimana pengguna harus mendatangi lokasi untuk mengambil data sehingga cukup merepotkan. Kemudian prototipe PLT Mikrohidro yang ada saat ini belum memiliki sistem monitoring keluaran AC, padahal bagian keluaran AC ini juga penting untuk dilakukan *monitoring*. Hal ini karena bagian keluaran AC berhubungan dengan beban listrik. Sehingga perlu dibuat sistem *monitoring* performa energi listrik yang dapat memberikan data performa energi listrik AC yang dihasilkan oleh prototipe PLT Mikrohidro secara akurat dan *real-time*.

Dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Thing* (IoT), sistem *monitoring* performa energi listrik dapat melakukan *monitoring* data cukup dengan menggunakan *smartphone* atau PC yang terhubung dengan koneksi internet dimanapun berada. Disamping itu, teknologi IoT juga sangat mendukung sistem *real-time*, sehingga seseorang yang berkepentingan terhadap data performa energi prototipe PLT Mikrohidro dapat memonitor performa energi dari jarak jauh pada waktu yang sama.

Sistem ini diuji cobakan langsung pada prototipe PLT Mikrohidro Laboratorium Ketenagaan FTI UII. Pengujian sekaligus pengambilan data keluaran AC dari PLT Mikrohidro dibantu dengan menggunakan RLC *Load* yang divariasikan nilai resistansi, induktansi, dan kapasitansinya. Alat ini dirancang dengan *casing* yang transparan karena pembuatan sistem *monitoring* ini juga sekaligus bertujuan sebagai media pembelajaran untuk mengamati dan menganalisis performa energi listrik yang dihasilkan oleh PLT Mikrohidro secara akurat dan *real-time*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan Abdul dan Edwin menghadirkan sistem monitoring dan kluster ketersediaan energi menggunakan metode *K-Means* pada pembangkit listrik tenaga surya [6]. Menggunakan mikrokontroler *arduino* dan modul wifi ESP 8266. Data hasil pemantauan akan ditampilkan pada *web monitoring* dan akan diolah menggunakan *K-Means* untuk mengelompokan daya yang dihasilkan panel

surya. Penelitian yang dilakukan A. Pangestu, dkk menghadirkan sistem monitoring beban listrik berbasis *Arduino* ESP 8266 dan sensor arus ACS 712 [7]. Hasil pengujian dengan menggunakan beban induktif yaitu lampu LED 15 Watt sebanyak 2 buah dan beban resistif berupa setrika 350 Watt yang diset pada titik panas maksimum, alat bekerja dengan baik dan mampu membaca besaran arus dan daya.

Penelitian yang dilakukan oleh Amir, dkk menghadirkan Perancangan sistem *monitoring* dan kontrol daya berbasis IoT menggunakan PEMoS dan NodeMcu [8]. Pembaca akuisisi pada sistem PEMoS telah berhasil disimpan di *database*. Pembaca daya yang telah dilakukan mendekati hasil yang akurat. Penelitian yang dilakukan oleh Arif dan Eko, menghadirkan *monitoring power meter* pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro dan pembangkit listrik tenaga surya menggunakan *arduino ethernet shield* dan *cloud service* [9]. Akurasi pengukuran dari sistem ini sudah baik, untuk jeda pengiriman data perangkat keras ke web server rata-rata 6 detik.

Dari hasil penelusuran tersebut, dapat dilihat secara umum sistem mikrokontroler yang digunakan untuk sistem IoT adalah *Arduino* dan ESP, kemudian sensor yang paling umum digunakan adalah sensor ACS712 untuk sensor arus dan ZMPT untuk sensor tegangan. Berdasarkan kebutuhan utama sistem, dapat disimpulkan bahwa sistem-sistem diatas menggunakan komponen yang tergolong murah dan mudah didapat. Namun, untuk konsep IoT masih ditemukan beragam solusi, sehingga untuk menyelesaikan masalah tersebut diperlukan tahapan observasi untuk melihat kebutuhan pengguna melalui survei atau observasi secara langsung ke lokasi untuk menentukan kebutuhan dan spesifikasi sistem yang sesuai.

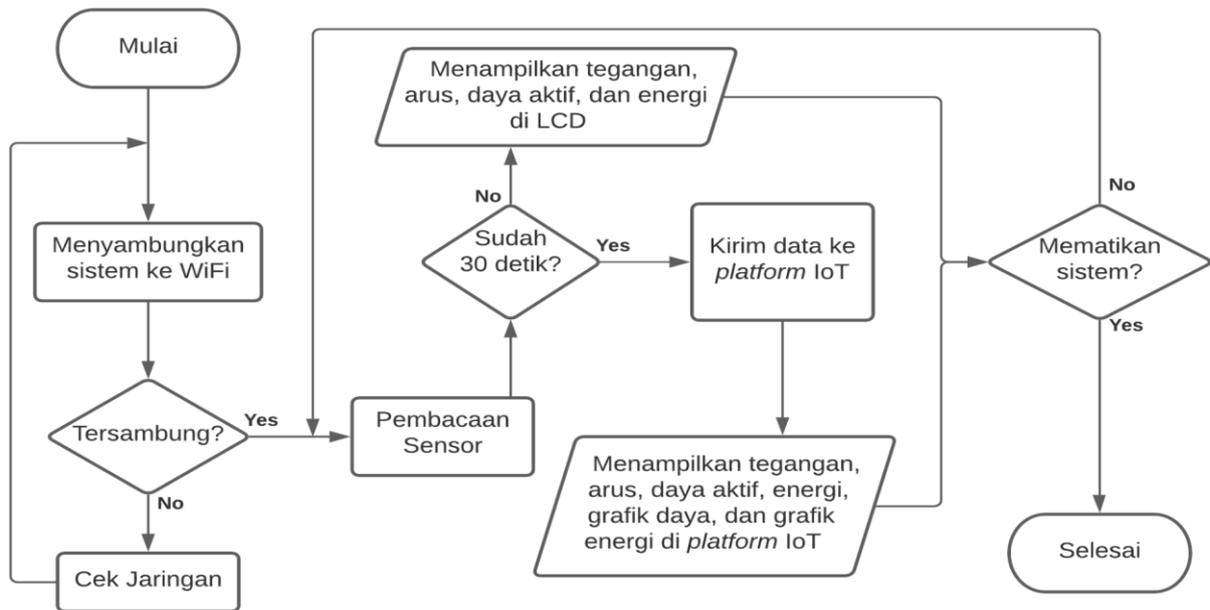
3. METODOLOGI

Tahapan awal yang dilakukan pada perancangan sistem dengan membuat diagram alir dan diagram blok terlebih dahulu. Gambar 1 dan gambar 2 menunjukkan diagram alir dan diagram blok sistem *monitoring* PLT Mikrohidro performa berbasis energi listrik AC pada FTI UII.

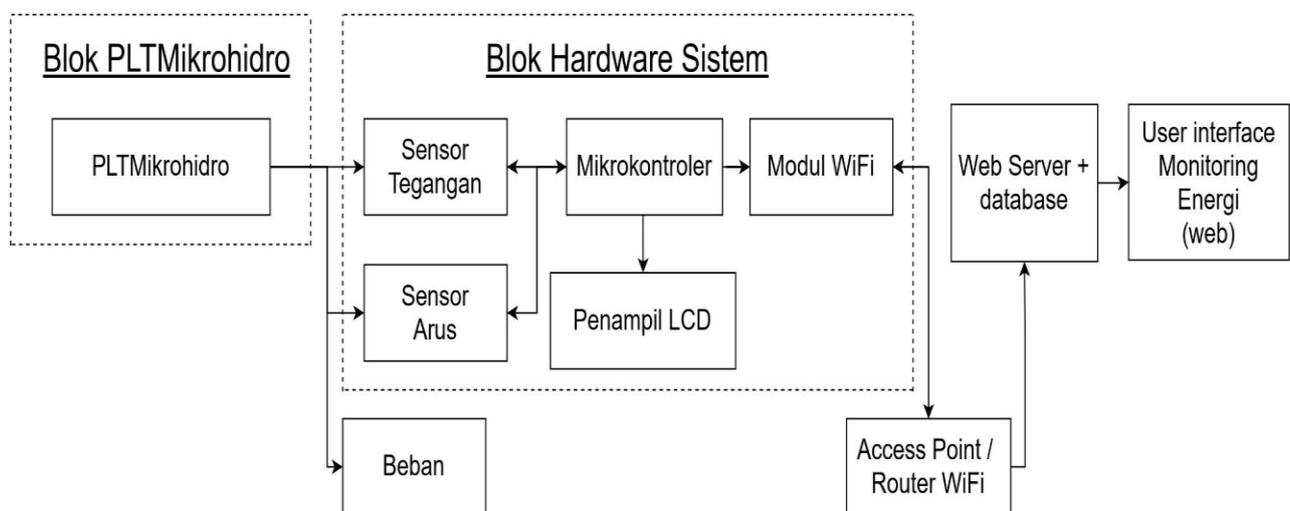
Sensor yang digunakan adalah PZEM-004T untuk mengukur tegangan dan arus AC, kemudian setelah diperoleh nilai dari kedua parameter tersebut akan diketahui nilai daya

yang dihasilkan oleh PLT Mikrohidro. Sehingga akan terlihat bagaimana performa energi listrik dari PLT Mikrohidro. Mikrokontroler digunakan untuk mengolah data yang diambil dari sensor. Kemudian melalui modul komunikasi nirkabel, data hasil olahan mikrokontroler akan dikirim ke *web server* untuk ditampilkan dan disimpan ke dalam *database*. Adapun *user interface*

monitoring energi menggunakan *platform* IoT berbasis *web* yang dapat diakses melalui *smartphone* dan komputer. Selanjutnya akan ditampilkan *output* dari sistem monitoring berupa grafik performa energi listrik yang terdiri dari parameter tegangan, arus, daya, dan energi secara *real-time*.



Gambar 1: Diagram alir sistem monitoring prototipe PLT Mikrohidro



Gambar 2: Diagram blok sistem monitoring prototipe PLT Mikrohidro

Berikut ini rincian lebih detail dari blok diagram pada gambar 1 untuk menggambarkan spesifikasi sistem. Pembangkit Listrik Tenaga (PLT) Mikrohidro yang dimaksud adalah PLT Mikrohidro yang ada di Laboratorium

Ketenagaan Teknik Elektro FTI UII. Pembangkit ini memiliki keluaran 100 V 160 Hz pada kondisi tanpa beban. Pembangkit ini dihidupkan dengan listrik dari PLN, sehingga menghidupkan pompa

air yang kemudian air tersebut yang akan akan menggerakkan turbin.

Beban listrik yang dimaksudkan disini adalah beban yang terdapat di Laboratorium Ketenagaan Teknik Elektro FTI UII, yakni RLC Load, hal ini karena beban elektronik umumnya seperti TV, kulkas, dan kipas angin membutuhkan inputan 220V 50 Hz, sehingga tidak cocok menggunakan PLT Mikrohidro yang ada di Laboratorium Ketenagaan secara langsung.

Sensor yang digunakan pada sistem ini adalah sensor PZEM-004T-100A. Keunggulan dari sensor ini adalah dapat mengukur tegangan, arus, daya, dan energi sekaligus. Sensor ini mampu mengukur tegangan AC 80-260 V dan mampu mengukur arus hingga 100 A. Sensor ini dipilih selain multifungsi, lebih efisien, serta harganya lebih ekonomis apabila dibandingkan dengan menggunakan dua buah sensor dengan masing-masing sensor hanya memiliki satu fungsi saja. Dipilih model sensor yang sudah *split core* karena memiliki kelebihan tidak perlu memotong kabel untuk membacanya.

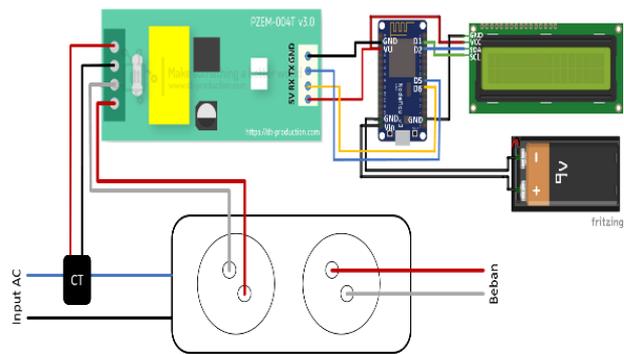
Mikrokontroler merupakan otak dari sistem, dimana pada perangkat ini dilakukan proses akuisisi data dari sensor, kemudian diolah menjadi nilai tegangan dan arus yang sudah terkalibrasi, serta nilai dari daya listrik yang dihasilkan, kemudian hasil olahan data ini dikirim melalui modul WiFi ke *web server* atau platform penyedia layanan IoT.

Selain data akan ditampilkan melalui web, data juga ditampilkan melalui layar LCD yang diletakkan di lokasi PLT Mikrohidro. Modul WiFi ini yang akan difungsikan sebagai alat komunikasi yang menghubungkan mikrokontroler dengan *web server*. Pemilihan modul WiFi karena lokasi PLT Mikrohidro masih berada dalam jangkauan WiFi kampus, sehingga akan lebih menekan biaya pembuatan sistem karena tidak perlu membeli kabel tambahan.

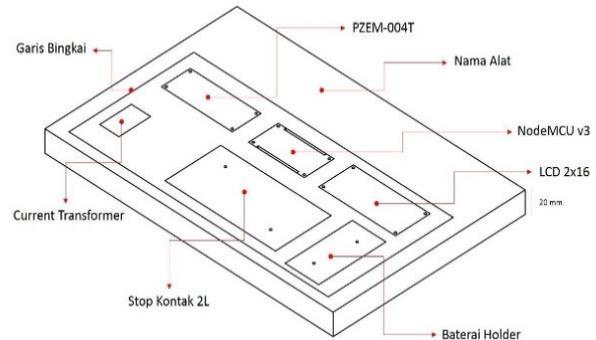
Sistem ini akan memanfaatkan pancaran WiFi dari *Access Point / Router* terdekat dengan lokasi PLT Mikrohidro yang ada di Laboratorium Ketenagaan Teknik Elektro FTI UII. Sistem ini akan menggunakan *platform* penyedia layanan IoT berbasis web, dimana *platform-platform* yang ada sudah bisa digunakan juga sebagai *database*. Sehingga data-data tidak hanya ditampilkan, namun juga akan

tersimpan sehingga dapat di-*download* sewaktu-waktu.

Sistem ini diberi nama MOMIDRO dengan mengedepankan sistem monitoring berbasis IoT dengan biaya produk yang terjangkau. MOMIDRO dirancang agar pengguna dapat memantau kondisi dari pembangkit dan dapat memastikan performa energi yang dihasilkan. gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan rancangan sistem dari rangkaian elektronis dan desain mekanisnya.



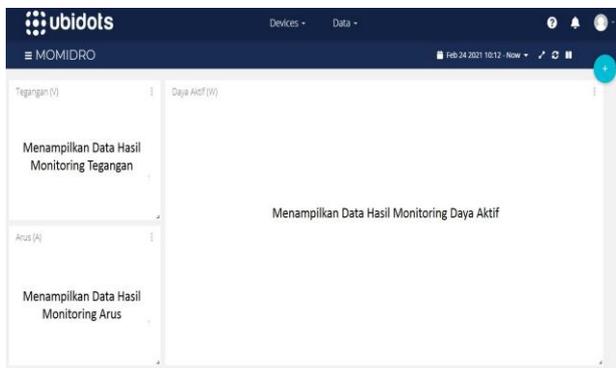
Gambar 3: Rancangan rangkaian elektronis MOMIDRO



Gambar 4: Gambaran rancangan mekanis MOMIDRO

Dikarenakan sistem ini tidak hanya menggunakan sistem perangkat keras, namun juga perangkat lunak, maka dalam usulan perancangan ini, kami juga melakukan usulan sistem aplikasi yang digunakan. Aplikasi monitoring MOMIDRO ini didesain untuk dapat digunakan baik pada komputer maupun *smartphone*. Desain aplikasi dibuat sederhana agar mudah dipahami dengan desain tampilan seperti Gambar 5 berikut. Aplikasi ini perlu melakukan inisialisasi untuk memastikan koneksi dengan *cloud server* telah berhasil. Pengguna juga dapat memilih periode

monitoring yaitu setiap jam, hari, atau pekan. Data *monitoring* juga akan tersimpan di *cloud* milik *Ubidots*, sehingga bisa diakses kapan saja. *Monitoring* tegangan dan arus menggunakan *gauge* dengan menampilkan nilai nominalnya, sementara daya aktif menggunakan grafik garis yang juga disertai nominalnya. Seluruh bagian pada aplikasi ini dapat mudah didesain menggunakan *Ubidots IoT platform*.



Gambar 5: Rancangan aplikasi *user interface*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah pengambilan data dilakukan menggunakan prototipe, maka rangkaian elektronik MOMIDRO dipindahkan pada *casing* yang terbuat dari papan kayu mahoni. Gambar 6 merupakan realisasi dari desain elektronik yang digabungkan dengan desain mekanis.



Gambar 6: Realisasi dari MOMIDRO

Setelah dilakukan pengujian, diperoleh data selisih dan persen rata-rata *error* dari masing-masing variabel pengukuran MOMIDRO yang dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2. Pada tabel tersebut, dapat diketahui bahwa selisih pengukuran yang dihasilkan oleh MOMIDRO dengan nilai acuan dari RLC *Load* relatif kecil, akan tetapi persen *error* yang dihasilkan cukup besar untuk arus dan energi, hal

ini karena nilai pembacaan arus dan energi masih sangat kecil, sehingga selisih yang kecil untuk nilai yang sama-sama kecil akan menghasilkan persen *error* yang besar. Sensor arus dari PZEM004-T dapat mengukur dari 0 A sampai 100 A, sementara pengukuran arus yang dihasilkan oleh beban RLC *Load* hanya di kisaran 0 A - 0,5 A.

Tabel 1. Selisih pengukuran Sensor PZEM-004T-100A

Kombinasi Beban	Selisih Pengukuran			
	V (V)	I (A)	P (W)	E (kWh)
1R	1,30	0,07	0,64	0,06
2R	1,71	0,03	0,45	0,06
3R	0,48	0,02	0,39	0,06
4R	0,07	0,01	0,29	0,06
1R 1L 1C	0,32	0,06	0,03	0,06
2R 1L 1C	0,08	0,04	0,04	0,06
3R 1L 1C	0,37	0,03	0,04	0,06
4R 1L 1C	0,41	0,02	0,04	0,06
Rata-rata	0,59	0,03	0,24	0,06

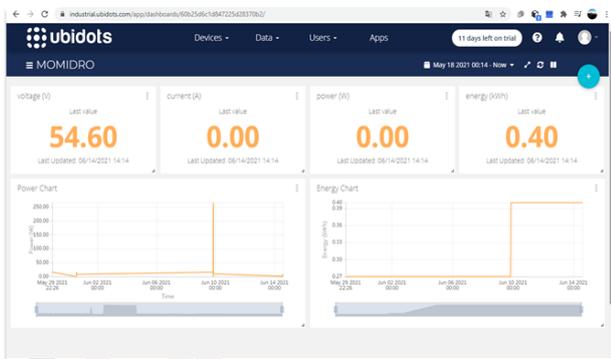
Tabel 2. Prosentase rata-rata *error* Sensor PZEM-004T-100A

Kombinasi Beban	Persen <i>Error</i>			
	V (V)	I (A)	P (W)	E (kWh)
1R	1,42%	83,75%	8,72%	28,57%
2R	2,11%	20,00%	3,92%	28,57%
3R	0,68%	7,50%	2,85%	28,57%
4R	0,11%	4,17%	1,92%	28,57%
1R 1L 1C	0,41%	24,00%	0,27%	28,57%
2R 1L 1C	0,12%	15,38%	0,30%	28,57%
3R 1L 1C	0,60%	10,71%	0,29%	28,57%
4R 1L 1C	0,72%	6,67%	0,27%	28,57%
Rata-rata	0,77%	21,52%	2,32%	28,57%

Begitu halnya dengan pengukuran energi, hal ini karena alat belum bekerja cukup lama ketika pengambilan data, sehingga nilai energi yang terukur masih sangat kecil, yakni 0,21 kWh. Sedangkan MOMIDRO menghasilkan hasil pengukuran 0,27 kWh, selisih 0,06 kWh, namun menghasilkan persen *error* yang besar karena nilai energi yang masih kecil. Dari sini, meskipun persen *error* yang dihasilkan cukup besar, sejatinya selisih pengukurannya sangat kecil.

Sehingga MOMIDRO masih layak untuk digunakan sebagai alat monitoring performa energi pada PLT Mikrohidro FTI UII.

Adapun untuk IoT, sistem sudah dapat mengirim data ke *Ubidots* secara *real-time* setiap 30 detik sekali. Namun pada proses pengiriman data terdapat sedikit kendala pada koneksi WiFi, dimana direncanakan menggunakan WiFi *UIIConnect*, akan tetapi karena kebijakan Badan Sistem Informasi (BSI) UII belum mengizinkan untuk dipakai pada sistem, maka digunakan *Hotspot* dari *smartphone*. Adapun data yang sudah terkirim ke *Ubidots*, tersimpan di *cloud Ubidots* dan bisa di *download* sewaktu-waktu diperlukan dalam format CSV. Gambar 7 menunjukkan tampilan *User Interface* (UI) monitoring performa energi di *Ubidots* menggunakan *web browser*.



Gambar 7. Tampilan Monitoring pada Ubidots

Dampak implementasi sistem dari sisi teknologi, dapat diketahui bahwa umumnya sistem *monitoring* energi menggunakan 2 jenis sensor, yakni sensor ACS712 untuk pembacaan arus dan ZMPT untuk pembacaan tegangan. Pada sistem yang dibuat hanya menggunakan sebuah sensor, yakni PZEM004-T yang mana dengan sebuah sensor ini dapat diperoleh beberapa variabel *monitoring* energi seperti tegangan, arus, daya, dan energi sekaligus. Hal ini tentunya akan menghemat biaya. Disamping itu, untuk mikrokontroler yang digunakan umumnya menggunakan mikrokontroler yang belum memiliki modul WiFi padanya. Sedangkan alat yang dibuat sudah menggunakan *board* mikrokontroler *nodeMcu* yang sudah memiliki modul WiFi ESP8266.

Dari sisi sosial, adanya MOMIDRO akan memudahkan pengguna dalam melakukan monitoring PLT Mikrohidro, sehingga pengguna tidak perlu lagi untuk *standby* di lokasi PLT

Mikrohidro untuk memantau performa energi. Disamping itu, untuk sebuah instansi yang memiliki beberapa pengguna, masing-masing pengguna dapat sama-sama mengakses data *monitoring* dengan akun yang sama pada masing-masing perangkat mereka, hal akan memudahkan koordinasi dan komunikasi ketika diperlukan.

Pembuatan alat ini menghabiskan biaya sekitar Rp406.400. Jika dijual Rp600.000, maka sebuah sistem dapat memberikan keuntungan Rp193.600. Tentu saja ini menjadi peluang bisnis yang cukup bagus. Biaya produksinya pun bisa dipangkas lebih kecil dengan memodifikasi *box* dari sistem ini. Hal ini karena sistem yang dibuat juga difungsikan untuk bahan edukasi di laboratorium. Sementara jika untuk dibisniskan, maka *box* bisa diringkas lebih kecil dengan bahan yang lebih murah dan disesuaikan agar penggunaannya lebih mudah dan praktis.

Dampak implementasi sistem dari sisi teknologi, dapat diketahui bahwa umumnya sistem *monitoring* energi menggunakan 2 jenis sensor, yakni sensor ACS712 untuk pembacaan arus dan ZMPT untuk pembacaan tegangan. Pada sistem yang dibuat hanya menggunakan sebuah sensor, yakni PZEM004-T yang mana dengan sebuah sensor ini dapat diperoleh beberapa variabel *monitoring* energi seperti tegangan, arus, daya, dan energi sekaligus. Hal ini tentunya akan menghemat biaya. Disamping itu, untuk mikrokontroler yang digunakan umumnya menggunakan mikrokontroler yang belum memiliki modul WiFi padanya. Sedangkan alat yang dibuat sudah menggunakan *board* mikrokontroler *nodeMcu* yang sudah memiliki modul WiFi ESP8266.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan implementasi terhadap sistem *monitoring* mikrohidro dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. Sistem dapat melakukan *monitoring* dengan akurat secara *real-time*. Sehingga bisa menjadi solusi sesuai dengan masalah yang ada. Sistem harus terhubung ke internet agar bisa berjalan. Hasil pembacaan modul sensor PZEM-004T pada sistem ini memiliki nilai *error* rata-rata pembacaan tegangan, arus, daya, dan energi masing-masing sebesar 0,7%, 21,2%, 2,32%, dan 28,57%. Dengan pengujian dilakukan sebanyak 8 variasi beban RLC. Prosentase perbedaan yang

cukup besar terletak pada pembacaan *error* nilai arus dan energi, persentase *error* yang besar tersebut dikarenakan nilai acuan pembacaan arus dan energi yang sangat kecil, namun jika dilihat nilai *real* selisihnya, maka hasil pembacaan sensor sangat mendekati nilai acuan.

ACKNOWLEDGEMENT

Terima kasih pada Prodi Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia yang telah mendukung penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Tanto and Darmuji, “Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Alat Monitoring Energi Listrik,” *J. Elektron. List. dan Teknol. Inf. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 45–51, 2019
- [2] A. Effendi et al., “Perancangan Sistem Monitoring Energi Berbasis Internet”, Seminar Nasional PIMIMD-5 , ITP , Padang, 2019
- [3] A. Fitriandi, E. Komalasari, H. G.-J. R., “Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway,” *Electr. – J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, 2016
- [4] A. A. W. Agus Eko Minarno, “Monitoring Power Meter Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino,” *Semin. Teknol. dan Rekayasa 2015*, pp. 978–979, 2015
- [5] T. Nusa, S. R. U. A. Sompie, and Meita, “Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler,” *E-journal Tek. Elektro dan Komputer.*, vol. 4, no. 5, 2015
- [6] D. Handarly and J. Lianda, “Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Thing),” *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 205–208, 2018
- [7] V. L. Rismawati, H. Vidyaningtyas, and T. Yunita, “Sistem Monitoring Energi Listrik Pada Smart Energy Meter Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Android,” *eProceedings of Engineering*, vol. 7, no. 2, pp. 4211–4218, 2020
- [8] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, “Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266,” *J. Ampere*, vol. 4, no. 1, p. 187, 2019
- [9] A. Haris and E. Hendrian, “Sistem Monitoring Dan Klaster Ketersediaan Energi Menggunakan Metode K-Means Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” vol. 4, no. 2, pp. 2502–714, 2019
- [10] J. Electron, A. Shodiq, S. Baqaruzi, and A. Muhtar, “Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Daya Berbasis Internet Of Things,” vol. 2, no. 1, pp. 18–26, 2021