

Pembangkit Listrik Dengan Sistem *Multi-Hybrid* dari Tenaga Fotovoltaik dan Mikrohidro Berbasis *Fingerprint* dan *Internet of Thing* (IoT)

Roslidar Roslidar, Muhammad Irhamsyah*, Ira Devi Sara, Syukriyadin Syukriyadin
Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala
Jl. Syekh Abdul Rauf No.7, Darussalam, Banda Aceh, Indonesia 23111
*e-mail: irham.ee@usk.ac.id

Abstrak—Pembangkit listrik yang berkelanjutan dan dapat diakses oleh masyarakat luas menjadi kunci untuk memenuhi kebutuhan energi global dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini mengusulkan dan mengimplementasikan pembangkit listrik tenaga *multi-hybrid* yang mengintegrasikan sistem tenaga surya fotovoltaik dan sistem tenaga air mikrohidro. Penambahan sistem keamanan berbasis *fingerprint* dan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadikan pembangkit *multi-hybrid* ini lebih aman dan dapat diatur penggunaan energi listriknya. Langkah-langkah dalam pengembangan sistem kelistrikan ini melibatkan pemilihan lokasi di desa Bung Pageu, Kecamatan Blang Bintang Kab. Aceh Besar, perancangan sistem kelistrikan dan instalasi fotovoltaik dan pembangkit mikrohidro sesuai potensi air setempat, serta integrasi sistem keamanan dengan pengelolaan energi menggunakan teknologi *fingerprint*. Selain itu, sensor IoT diterapkan untuk pemantauan *real-time* dan pengendalian jarak jauh. Dengan menggabungkan beberapa teknologi dan partisipasi aktif masyarakat setempat, kegiatan ini memberikan solusi terhadap permasalahan energi dan pengetahuan baru terkait dengan implementasi sistem energi terbarukan dengan pendekatan *multi-hybrid*. Keberhasilan kegiatan ini memberikan kontribusi positif terhadap pembangunan berkelanjutan dan memberdayakan masyarakat untuk turut serta dalam pemanfaatan energi terbarukan secara berkesinambungan.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Pembangkit Tenaga *Multi-Hybrid*, Fotovoltaik, Mikrohidro

Abstract—Electric generation that is sustainable and accessible to the broader community is the key to meeting global energy needs and improving societal welfare. This implementation of community service proposes and implements a *multi-hybrid* power plant that integrates photovoltaic solar panels, micro-hydro water potential, a fingerprint-based security system, and Internet of Things (IoT) technology. Development steps include selecting a location in Bung Pageu village, Blang Bintang District, Kab. Aceh Besar, photovoltaic installations and micro-hydro generators according to local water potential, and integration of security systems with energy management using fingerprint technology. In addition, IoT sensors are applied for real-time monitoring and remote control. By combining several technologies and the active participation of local communities, this activity provides a new perspective on implementing renewable energy systems with a *multi-hybrid* approach. This activity's success positively contributes to sustainable development and empowers the community to participate in the sustainable use of renewable energy.

I. PENDAHULUAN

Penerapan sumber energi terbarukan, khususnya tenaga surya dan tenaga air berskala mikrohidro, telah memberikan kontribusi yang besar dalam pemenuhan kebutuhan listrik di seluruh dunia. Kombinasi kedua sumber energi terbarukan tersebut dalam pembangkit tenaga *multi-hybrid* (PTM) menawarkan banyak keuntungan dan solusi potensial untuk memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan [1]. Salah satunya adalah mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil seperti minyak bumi. Keuntungan lainnya dari pemanfaatan sumber energi terbarukan antara lain sumber energinya bervariasi, tersedia dalam jumlah melimpah dan teknologi konversi energinya sudah mapan, fleksibel, serta ramah lingkungan [2].

Pembangkit listrik *multi-hybrid* inovatif ini semakin ditingkatkan kinerjanya dengan menggabungkan *Internet of Things* (IoT) dan teknologi sidik jari (*fingerprint*). Teknologi ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian pembangkit listrik secara *real-time*,

memungkinkan manajemen terpusat dan optimalisasi produksi energi.

Integrasi IoT pada pembangkit listrik *multi-hybrid* telah memberikan terobosan baru dalam sistem komunikasi dan operasional sistem energi terbarukan. Dengan memungkinkan komunikasi yang lancar antar berbagai perangkat sistem seperti panel fotovoltaik, turbin mikro hidro, baterai, dan sistem kontrol IoT memfasilitasi pengumpulan dan analisis *real-time* dari berbagai titik data termasuk produksi energi, tingkat penyimpanan, kondisi cuaca, dan konsumsi energi. Sistem yang saling terhubung ini memastikan pengoperasian pembangkit listrik yang efisien dan optimal, sehingga menghasilkan peningkatan keandalan dan kinerja pembangkit [3–8].

Selain itu, integrasi teknologi *fingerprint* menambah lapisan keamanan dan kontrol tambahan pada pembangkit listrik. Teknologi ini memastikan bahwa hanya individu atau petugas yang berwenang yang memiliki akses ke sistem kontrol untuk mencegah manipulasi atau gangguan yang tidak sah. Kombinasi komunikasi berbasis IoT dan

langkah-langkah keamanan tingkat lanjut meningkatkan ketahanan dan keandalan pembangkit listrik *multi-hybrid* secara keseluruhan, sehingga berkontribusi terhadap solusi energi berkelanjutan [9–13].

Aplikasi pembangunan PTM berbasis *fingerprint* dan IoT dapat dibangun pada kawasan daerah terpencil atau pada daerah yang belum terjangkau aliran listrik serta pada daerah yang memiliki kekurangan pasokan energi listrik namun daerah tersebut memiliki potensi energi terbarukan yang berkelanjutan. Berdasarkan hal tersebut desa Bung Pageu, Kecamatan Blang Bintang, Aceh Besar memiliki potensi energi mikrohidro namun masih kekurangan pasokan energi listrik sehingga sering terjadi pemadaman listrik secara berkala. Oleh karena itu tim pelaksana Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) mencoba memecahkan permasalahan ini dengan membangun PTM dari tenaga fotovoltaik dan mikrohidro berbasis *fingerprint* dan *Internet of Thing* (IoT) di desa Bung Pageu, Kecamatan Blang Bintang, Aceh Besar.

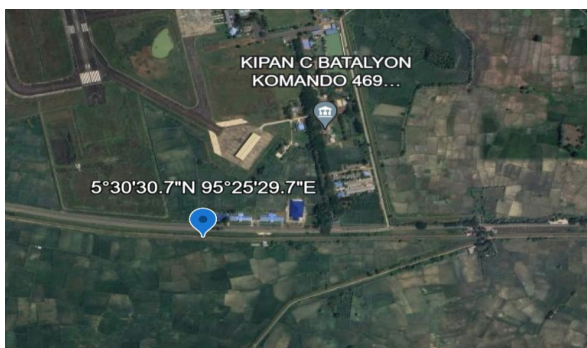
Pembangunan prototipe pembangkit ini diharapkan dapat bermanfaat bagi warga sekitar. Selain itu juga diharapkan dapat meningkatkan penggunaan energi terbarukan yang berkelanjutan.

II. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan kegiatan PKM ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan, yaitu: tempat dan waktu pelaksanaan, khalayak sasaran, indikator keberhasilan, dan metode evaluasi

A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Kegiatan PKM dilaksanakan dalam jangka waktu 3 bulan (Desember 2022–Februari 2023) di desa Bung Pageu, Kecamatan Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, Aceh, tepatnya pada koordinat ruang kebunian 5°30'30.7"N dan 95°25'29.7"E seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

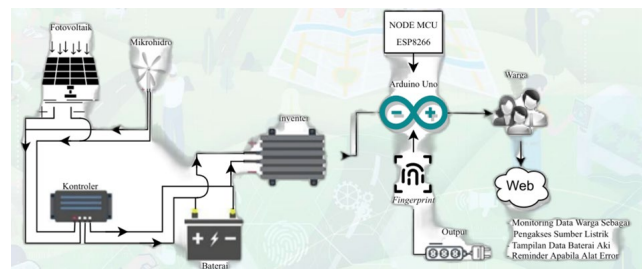


Gambar 1. Lokasi kegiatan

Dari hasil peninjauan pada lokasi irigasi diperoleh beberapa data awal seperti kelajuan air 1.5–2 m/s, kedalaman irigasi 30–60 cm, lebar irigasi ±1,5 meter dan tidak ada pohon pada bantaran irigasi sehingga modul fotovoltaik (PV) dapat menerima cahaya matahari secara maksimal.

Berdasarkan data awal tersebut tim PKM merancang sistem prototipe PTM untuk menghasilkan listrik

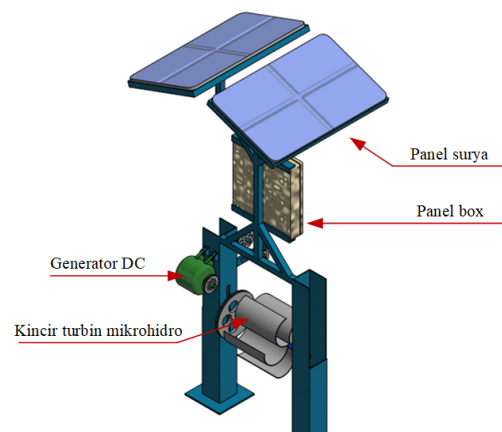
menggunakan energi terbarukan seperti yang ditunjukkan pada skema rancangan Gambar 2.



Gambar 2. Skema rancangan PTM skala mikro

Komponen peralatan kelistrikan yang digunakan dalam rancangan PTM tersebut adalah modul panel surya 2 x 100Wp, *solar charge controller* (SCC), Generator DC, *inverter* 1000 W, baterai 45 Ah, MCU Arduino, Modem GSM dan *Node MCU* ESP8266 sebagai *interface* IoT dan *fingerprint* sensor untuk merekam *database* pengguna, serta sebuah *panel box*.

Desain mekanis yang dilakukan adalah merancang kerangka kedudukan instalasi generator DC dan turbin air serta kerangka peletakan fotovoltaik dalam satu unit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain mekanis PTM

B. Khalayak Sasaran

Sebelum dilakukan implementasi PTM, tim pelaksana kegiatan PKM mengadakan sosialisasi dengan perangkat desa Bung Pageu dan pihak cabang irigasi desa Bung Pageu serta masyarakat desa Bung Pageu sebagai khalayak sasaran kegiatan PKM. Sosialisasi dilaksanakan dengan memberikan penjelasan cara kerja sistem PTM dalam menghasilkan energi listrik dan bagaimana warga dapat memanfaatkan energi listrik yang dihasilkan sesuai dengan ketentuan pemakaian yang telah disepakati bersama. Selain itu disosialisasikan juga teknik pemeliharaannya sehingga masyarakat dapat memahami cara memanfaatkan energi dari PTM yang diimplementasikan tersebut. Setelah kegiatan sosialisasi, tim PKM dan perangkat desa bersama dengan warga memasang perangkat PTM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Implementasi PTM bersama warga

C. Indikator Keberhasilan

Indikator keberhasilan dari kegiatan PKM ini adalah:

- Masyarakat desa Bung Pageu dapat memperoleh sumber listrik alternatif secara gratis tanpa harus mengeluarkan biaya.
- Membantu masyarakat desa Bung Pageu dalam berusaha untuk meningkatkan taraf perekonomiannya.
- Membantu aktivitas masyarakat desa Bung Pageu ketika terjadi pemadaman listrik secara berkala.

D. Metode Evaluasi

Evaluasi setelah implementasi PTM dari kegiatan PKM ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

- Monitoring**
Melakukan monitoring terhadap seluruh sistem dengan secara *real-time* terhadap produksi energi dari panel fotovoltaik dan sistem mikrohidro. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa produksi energi sesuai dengan estimasi yang diharapkan.
- Analisis kualitas energi**
Penting untuk menganalisis kualitas energi yang dihasilkan oleh sistem. Hal ini mencakup evaluasi terhadap stabilitas tegangan dan frekuensi output, serta kemampuan sistem untuk mengatasi fluktuasi daya. Kualitas energi yang baik menjadi indikator penting dari keberhasilan implementasi, terutama dalam mendukung kebutuhan listrik masyarakat yang konsisten.
- Respons terhadap variabilitas cuaca**
Sistem PTM harus mampu merespons variabilitas cuaca dengan baik. Evaluasi ini melibatkan analisis bagaimana sistem menanggapi perubahan cuaca, khususnya dalam konteks energi fotovoltaik yang dipengaruhi oleh sinar matahari dan mikrohidro yang tergantung pada aliran air. Kemampuan beradaptasi terhadap perubahan cuaca menjadi parameter penting dalam menilai kehandalan sistem.
- Keamanan dan keandalan IoT**
Integrasi teknologi fingerprint dan IoT memerlukan evaluasi khusus terkait keamanan dan keandalan. Seberapa baik sistem mengamankan data dan komunikasi antara perangkat. Bagaimana sistem merespons terhadap gangguan atau kegagalan perangkat. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa integrasi ini memberikan manfaat tanpa mengabaikan keamanan.
- Analisis manfaat ekonomi dan lingkungan**

Selain kinerja teknis, evaluasi lain yang dilakukan mencakup analisis manfaat ekonomi dan lingkungan. Bagaimana PTM ini memberikan dampak positif pada masyarakat. Apakah penghematan energi tercapai secara efektif. Selain itu, bagaimana dampak lingkungan dari implementasi PTM ini, apakah berhasil mengurangi emisi karbon atau memberikan kontribusi positif terhadap lingkungan sekitar.

f. Keterlibatan masyarakat

Evaluasi manfaat juga perlu melibatkan keterlibatan masyarakat. Bagaimana PTM ini memberikan manfaat sosial dan ekonomi kepada masyarakat sekitar sehingga ada peningkatan akses listrik yang bersumber dari PTM.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah implementasi perangkat PTM pada lokasi kegiatan PKM maka untuk dapat menggunakan output energi dari PTM tersebut diperlukan *database* pengguna melalui pengambilan sidik jari melalui fingerprint sensor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui siapa saja warga yang telah menggunakan output energi PTM tersebut.



Gambar 5. Pengambilan sidik jari

PTM yang dibangun tidak hanya dapat dimanfaatkan warga pada siang hari, namun juga pada malam hari untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di sekitar lokasi PTM seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penggunaan PTM di malam hari

Berdasarkan hasil implementasi PTM tersebut diperoleh output parameter kelistrikan 1887 Wh (*Watt Hour*) perhari. Dimana hal ini dapat digunakan untuk 6 buah lampu 20 watt selama 10 jam, 1 setrika 287 Watt selama 1 jam, dan 1 televisi 100 Watt selama 4 jam.

Kepedulian warga di dekat lokasi PTM dalam memanfaatkan output energi PTM sangatlah antusias. PTM tersebut dapat membantu usaha mereka saat menggunakan perangkat kelistrikan dalam usaha mereka (Gambar 7) dimana sebelumnya mereka menggunakan GenSet yang membutuhkan biaya untuk membeli bahan bakar minyak. Dengan adanya PTM di sekitar lokasi usaha warga dapat memberi faedah untuk menunjang perekonomian warga di sekitar lokasi PTM.



Gambar 7. Warga yang menggunakan energi listrik PTM dalam usaha jual beli

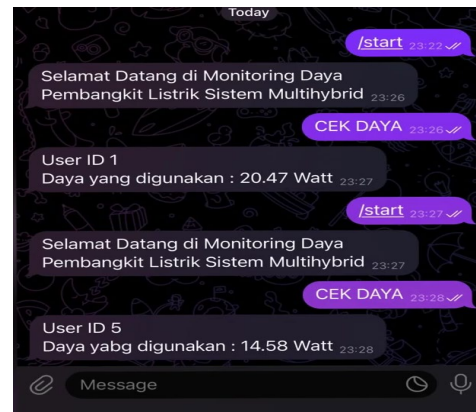
Untuk melakukan komunikasi data pada PTM dapat dilakukan dengan mengirimkan SMS ke nomor kartu GSM yang ditanamkan dalam perangkat Modem GSM 4G seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Modem GSM 4G pada panel Box PTM

Komunikasi data tersebut diteruskan informasinya kedalam nodeMCU ESP8266 melalui jaringan komunikasi wifi untuk diproses sesuai dengan perintah yang diberikan.

Monitoring penggunaan daya dari PTM dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi IoT yang telah diinstal pada perangkat PTM, hasil monitoring daya tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Monitor daya PTM

IV. KESIMPULAN

Adanya kegiatan pengabdian di desa Bung Pageu ini dapat membantu Tim Pengabdian mewujudkan implementasi inovasi hasil IPTEK dari insan Universitas Syiah Kuala dengan menyediakan alat pembangkit listrik energi terbarukan. Alat ini sangat bermanfaat bagi 450 warga masyarakat Bung Pageu terutama ketika terjadi pemadaman listrik secara berkala dan bagi masyarakat yang membangun usaha di dekat lokasi pembangkit dan tidak berlangganan listrik dari PT PLN. Ke depan, diharapkan perangkat desa dapat menggunakan alat pembangkit ini sebagai pemasukan tambahan desa dengan memberi akses penggunaan listrik menggunakan tarif rendah bagi masyarakat pengusaha kecil di sekitarnya. Dengan demikian, warga desa Bung Pageu dapat memperoleh energi listrik yang ramah lingkungan dan terjangkau. Sebagai nilai tambah dari kegiatan ini, tentu saja masyarakat mendapat edukasi teknologi energi terbarukan ramah lingkungan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan pengabdian dan pihak mitra desa Bung Pageu, Kecamatan Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, Aceh.

REFERENSI

- [1] M. Diesendorf, "Sustainable energy solutions for climate change", *Choice Reviews Online*, vol. 52, no. 06, p. 52-3124, 2015.
- [2] A. Hutasuhut, J. Riandra, & M. Irwanto, "Analysis of hybrid power plant scheduling system diesel/photovoltaic/microhydro in remote area", *Journal of Physics Conference Series*, vol. 2193, no. 1, p. 012024, 2022.
- [3] N. Novas, R. Salvador, J. Camacho, & A. Alcayde, "Advances in solar energy towards efficient and sustainable energy", *Sustainability*, vol. 13, no. 11, p. 6295, 2021.
- [4] J. Xu and R. Zhang, "Cooperative energy trading in comp systems powered by smart grids", *Ieee Transactions on Vehicular Technology*, vol. 65, no. 4, p. 2142-2153, 2016.
- [5] S. Feng, D. Funding, B. Zhou, Y. Luo, & G. Li, "Real-time active power dispatch of virtual power plant based on distributed model predictive control", *Electronics Letters*, vol. 58, no. 23, p. 872-875, 2022.
- [6] E. Ancillotti, R. Bruno, & M. Conti, "The role of the rpl routing protocol for smart grid communications", *Ieee Communications Magazine*, vol. 51, no. 1, p. 75-83, 2013.

- [7] I. Ratnata, S. Sumarto, & W. Saputra, "Prototype of pico hydro – solar photovoltaic hybrid system", Iop Conference Series Materials Science and Engineering, vol. 384, p. 012026, 2018.
- [8] S. Muchande, S. Thale, & R. Wandhare, "Integrated solar pv-battery and micro-hydro based low-voltage autonomous dc microgrid for rural electrification", 2020.
- [9] E. Dogan and S. Shah, "Analyzing the role of renewable energy and energy intensity in the ecological footprint of the united arab emirates", Sustainability, vol. 14, no. 1, p. 227, 2021.
- [10] A. Hutasuhut, J. Riandra, & M. Irwanto, "Analysis of hybrid power plant scheduling system diesel/photovoltaic/microhydro in remote area", Journal of Physics Conference Series, vol. 2193, no. 1, p. 012024, 2022.
- [11] S. Adsavakulchai and U. Kaewsiri, "Digital community biomass power plant competitiveness in thailand", E3s Web of Conferences, vol. 191, p. 02005, 2020.
- [12] Y. Chuang and W. Chiu, "Deep reinforcement learning based pricing strategy of aggregators considering renewable energy", Ieee Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, vol. 6, no. 3, p. 499-508, 2022.
- [13] K. Ha, "Management of nuclear power plant emergency: a case of korea", International Journal of Business Continuity and Risk Management, vol. 11, no. 1, p. 52, 2021.