

Implementasi Turbin Listrik Mikrohidro sebagai Sumber Energi Listrik untuk Perkebunan Rakyat di Desa Gurah, Aceh Besar

Suriadi^{1*}, Fathurrahman¹, Akram³, Said Amir Azan⁴, Nafisah Al Huda⁴

¹ Department of Electrical Engineering, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia
email: suriadimali@usk.ac.id; fathurrahman@usk.ac.id;

² Department of Chemical Engineering, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia
email: azwar.yahya@usk.ac.id

³ Department of Mechanical and Industry Engineering, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia
email: akram@usk.ac.id

⁴ Department of Civil Engineering, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia
email: saidamirazan@usk.ac.id; nafisahalhuda@usk.ac.id

* Korespondensi: suriadimali@usk.ac.id

Article History:

Received: 29 August 2023

Revised: 11 September 2023

Accepted: 12 September 2023

Keywords: *Electrical Energy, Electric Turbine, Micro hydro, People's Plantation, screw Turbine*

Abstract: *The implementation of community service is one of the important tasks of tertiary institution, which requires educators to implement ideas that can directly benefit the community. This activity was carried out in accordance with the theme "Product-based Community Service" which aims to utilize renewable energy in the form of electrical energy and increase community economic resilience through the development of hydroelectric turbines with screw designs. To meet the need for electrical energy, which is important for human life, alternative and efficient sources of electricity are needed. One alternative energy source that can be used is the Micro Hydro Power Plant (PLTMH). In this service, we have succeeded in developing a hydroelectric power plant that uses a screw turbine. The existence of this power plant has the potential to educate the community in the Gurah village plantation about power generation technology based on the energy sources around it. The main objective of this service is to produce a PLTMH with a capacity of 500 W that uses an electric generator run by a low-speed screw turbine. The results of this service activity have succeeded in providing electricity for street lighting in the Gurah plantation area, and it was successfully completed according to the planned target and time. This community service activity aims to overcome the energy crisis experienced by the Gurah village plantation community by introducing PLTMH technology that can work optimally based on existing natural potential. One of the main problems faced by partners is the installation of lighting, and through the development of PLTMH using screw turbines, we have managed to overcome this problem properly.*

1. Pendahuluan

Air memiliki peran yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dalam berbagai aspek. Selain memenuhi kebutuhan manusia, air juga dapat digunakan sebagai sumber energi pembangkit listrik. Indonesia sebagai negara yang memiliki kekayaan sumber daya air yang melimpah memiliki potensi besar dalam menghasilkan listrik dari sumber air baik dalam skala besar maupun kecil (Marhendi & Toifin, 2019). Namun, menurut data yang dikeluarkan oleh Departemen ESDM, pemanfaatan air sebagai sumber energi di Indonesia baru mencapai sekitar 6% dari potensi yang ada, yaitu sekitar 75,67 GW, dan hanya sekitar 4,2 GW yang telah dimanfaatkan. Dalam hal ini, potensi pengembangan mini/mikrohidro mencapai sekitar 450 MW, tetapi hanya sekitar 230 MW yang telah dimanfaatkan hingga tahun 2008 (Integrated Microhydropower Development and Application Program, 2009) (Pranoto et al., 2018).

PLTMH adalah jenis pembangkit listrik skala kecil (dengan kapasitas kurang dari 100 kW) yang menggunakan tenaga air sebagai sumber penggerakannya, seperti melalui saluran irigasi, sungai, atau air terjun. PLTMH, yang merupakan singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan air sebagai sumber energi dalam skala kecil. PLTMH beroperasi dengan mengubah debit air menjadi energi listrik. Contoh-contoh sumber air yang dapat digunakan sebagai penggerak PLTMH meliputi air terjun, saluran irigasi, dan sungai (Febryanto & Desrimon, 2018). Prinsip kerja PLTMH didasarkan pada pemanfaatan energi potensial air yang terkait dengan tinggi terjunan (*head*) dan debit air. Semakin tinggi *head*, semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik (Nasir, 2013; Yani et al., 2019). Selain faktor geografis, tinggi *head* juga dapat dihasilkan dengan membuat bendungan untuk meningkatkan ketinggian air. Air dialirkan melalui pipa ke rumah pembangkit yang umumnya dibangun di tepi sungai. Prinsip dasar pembangkit listrik mikrohidro sama dengan pembangkit listrik tenaga air, tetapi perbedaannya terletak pada kemampuannya untuk beroperasi tanpa membutuhkan waduk besar untuk menampung air dalam jumlah besar. PLTMH adalah sistem pembangkit listrik yang mengubah potensi air dengan tinggi dan debit tertentu menjadi energi listrik menggunakan turbin air dan generator. Cara kerja pembangkit ini cukup sederhana, yaitu menggerakkan turbin dengan memanfaatkan aliran air (Shantika, 2013). Turbin ulir merupakan jenis turbin air berskala mikro yang cocok digunakan di daerah terpencil dengan karakteristik geografis berbukit atau bergunung, karena pembuatannya sederhana dan perawatannya mudah.

Dari hasil identifikasi masalah, telah diketahui bahwa petani kebun di lereng perbukitan dan pegunungan perlu mengadopsi sumber energi terbarukan untuk mendukung pekerjaan mereka. Selain menggunakan mesin diesel, salah satu pilihan yang dapat digunakan sebagai penggerak generator listrik adalah pemanfaatan turbin ulir. Dalam hal ini, penerapan metode *hand lay up* dan *spray up*, yang merupakan aplikasi dari teknologi komposit, menghasilkan produk yang layak digunakan pada saluran irigasi

yang memiliki kandungan air yang tinggi unsur haranya. Meskipun investasi awalnya relatif mahal, pemanfaatan listrik dari energi terbarukan memiliki tiga keunggulan yang menarik (Aliyu et al., 2018) yaitu bersih, tidak mencemari udara; tidak berisik atau bising; serta biaya perawatannya yang rendah.

Pengabdian ini dilakukan dengan tujuan utama untuk memanfaatkan sumber air sebagai sumber energi listrik guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Desa Gurah Aceh Besar. Selain itu, pengabdian ini juga bertujuan untuk mengenalkan teknologi pemanfaatan sumber daya air kepada masyarakat setempat. Melalui pengabdian ini diharapkan masyarakat dapat belajar untuk mandiri dalam menyediakan listrik berdasarkan potensi yang ada di lingkungan sekitar dengan memanfaatkan turbin air. Rencana hasil yang diharapkan adalah pembangunan PLTMH di aliran irigasi di perkebunan Desa Gurah menggunakan turbin ulir. Manfaat dari pengabdian ini adalah masyarakat dapat merasakan manfaat langsung dari listrik yang dihasilkan melalui pemanfaatan energi air tanpa perlu mengandalkan bahan bakar sebagai sumber energi.

2. Metode Pelaksanaan Kegiatan

Pemilihan Lokasi

Di perkebunan Desa Gurah, Kabupaten Aceh Besar, masih terdapat ketidakmerataan dalam penyediaan jaringan listrik dari PT. PLN (Persero). Oleh karena itu, kehadiran sebuah pembangkit listrik tenaga air dengan teknologi inovatif sangat penting dalam mendukung peningkatan perekonomian dan kesejahteraan masyarakat di perkebunan desa tersebut. Meskipun Desa Gurah memiliki sumber daya air yang melimpah, sampai saat ini belum ada upaya pengembangan dan pemanfaatan yang dilakukan terhadap potensi air tersebut. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari para petani kebun, air tersebut saat ini hanya digunakan untuk keperluan irigasi guna menyiram lahan pertanian. Para petani sangat berharap adanya solusi untuk menyediakan energi listrik sebagai sumber penerangan dan penggunaan peralatan elektronik seperti pompa air untuk keperluan penyiraman tanaman. Hal ini dikarenakan ketidakmerataan penyediaan jaringan listrik dari PT. PLN (Persero) di lokasi tersebut.

Cakupan Kegiatan

Melihat kondisi tersebut, penulis berusaha mencari alternatif lain untuk memberikan penerangan kepada masyarakat mitra dengan memperkenalkan penggunaan energi listrik yang diperoleh dari sumber aliran air irigasi yang tersedia di desa tersebut. Kegiatan ini dilaksanakan dalam rangka Pengabdian kepada Masyarakat dengan fokus pada penggunaan energi listrik berbasis energi terbarukan dan peningkatan ketahanan ekonomi masyarakat melalui pengembangan desain turbin listrik tenaga air dengan bentuk ulir. Salah satu inovasi yang diusulkan adalah penggunaan material komposit *hybrid* dalam pembuatan turbin ulir yang ramah

lingkungan dan terbuat dari perpaduan material sintetis dan organik. Teknologi ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk PLTMH di lokasi irigasi dengan tinggi terjunan (*head*) rendah dan debit air yang kecil. Cakupan permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana cara memanfaatkan secara optimal sumber daya air yang ada di perkebunan Desa Gurah, Kabupaten Aceh Besar, sebagai sumber energi alternatif melalui PLTMH.

3. Hasil dan Pembahasan

PLTMH menawarkan sejumlah keuntungan, antara lain tidak merusak habitat yang ada, ramah lingkungan, membutuhkan ruang yang relatif kecil untuk peralatan, dan memiliki sistem operasional yang sederhana. PLTMH sangat cocok untuk digunakan di daerah terpencil seperti Desa Gurah yang memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan listrik. Desa Gurah memiliki saluran irigasi yang diperlukan untuk menggerakkan turbin. Untuk memanfaatkan air irigasi tersebut, dibuatlah sebuah bendungan yang bertujuan untuk meningkatkan tekanan air dengan memperlambat aliran air menggunakan karung pasir dan papan, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 1. Proses pembangunan bendungan dilakukan secara bertahap untuk mengukur tekanan air yang dihasilkan. Pada awalnya, semua karung pasir terbawa oleh arus air yang tinggi, sehingga dibutuhkan konfigurasi lapisan ganda. Papan dipasang di belakang karung pasir untuk memberikan kekuatan pada bendungan agar mampu menahan air. Dengan demikian, kebutuhan tekanan air untuk menggerakkan turbin ulir dapat terpenuhi. Lokasi pemasangan PLTMH terletak di bendungan saluran irigasi di Desa Gurah, Aceh Besar dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pemasangan PLTMH di bendungan air saluran irigasi di Desa Gurah, Aceh Besar.

Perakitan Turbin

Pada Gambar 2 berikut, diuraikan langkah-langkah pembuatan kerangka turbin ulir yang berperan sebagai penggerak utama dalam pembangkit listrik tenaga air. Bahan utama yang digunakan untuk kerangka ini terdiri dari plat baja dan besi siku yang berfungsi sebagai penyangga. Setelah mengonstruksi dan memasang ulir, langkah selanjutnya adalah melapisi kerangka besi dengan bahan komposit agar permukaan plat besi menjadi lebih tahan terhadap air. Tujuannya adalah untuk meningkatkan daya cengkeram air pada lapisan plat besi poros ulir serta melindungi material dari karat dan kerusakan lainnya. Proses pelapisan dilakukan menggunakan metode *handspray* dan pengecatan dengan kuas.



Gambar 2. Proses pembuatan kerangka turbin ulir sebagai penggerak utama dalam pembangkit listrik tenaga air

Proses pembuatan kerangka turbin ulir sebagai penggerak utama dalam pembangkit listrik tenaga air melibatkan serangkaian tahapan. Tahap pertama adalah merancang kerangka menggunakan perangkat lunak seperti *SolidWorks* dengan mempertimbangkan ukuran, bentuk turbin ulir, dan aliran air yang melalui. Selanjutnya, pilihan bahan seperti baja, aluminium, atau *fiberglass* harus dipertimbangkan berdasarkan faktor biaya, daya tahan, dan ketersediaan. Setelah itu, bahan dipotong dan dibentuk sesuai desain menggunakan alat seperti gergaji, bor, dan penggiling. Tahap selanjutnya adalah menyambungkan bagian-bagian kerangka menggunakan mesin las. Setelah kerangka disambungkan, turbin ulir dirakit dengan memasang bilah-bilah pada kerangka dan menghubungkan poros ke generator. Akhirnya, turbin ulir diuji dengan menjalankan air melaluinya dan mengukur jumlah listrik yang dihasilkan untuk memastikan kinerjanya.

Dalam proses pelapisan bahan komposit pada turbin ulir sebagai penggerak utama dalam pembangkit listrik tenaga air, langkah-langkah yang perlu diikuti adalah persiapan permukaan dengan membersihkan dan menyiapkan permukaan turbin ulir.



Gambar 3. Proses penyambungan bagian-bagian kerangka dan pemasangan bilah-bilah pada kerangka turbin ulir

Langkah berikutnya mengaplikasikan lapisan primer untuk meningkatkan daya lekat, persiapan bahan komposit dengan mencampur resin, pengisi, serat, dan bahan pengeras, kemudian mengaplikasikan bahan komposit secara merata menggunakan metode handspray atau kuas. Setelah itu, turbin ulir perlu dikeringkan atau diinkubasi agar bahan komposit dapat mengeras dan membentuk lapisan yang tahan air dan kuat. Tahap finishing seperti penghalusan permukaan dilakukan sebelum turbin ulir diuji kekuatan, ketahanan air, dan performa lainnya untuk memastikan kinerja optimal dan masa pakai yang lebih panjang. Langkah-langkah ini memiliki peran penting dalam memastikan pelapisan bahan komposit pada turbin ulir berfungsi dengan baik dalam pembangkit listrik tenaga air. Gambar 4 menunjukkan langkah awal dalam melapisi bahan komposit pada pembuatan kerangka turbin ulir yang berperan sebagai penggerak utama dalam pembangkit listrik tenaga air.

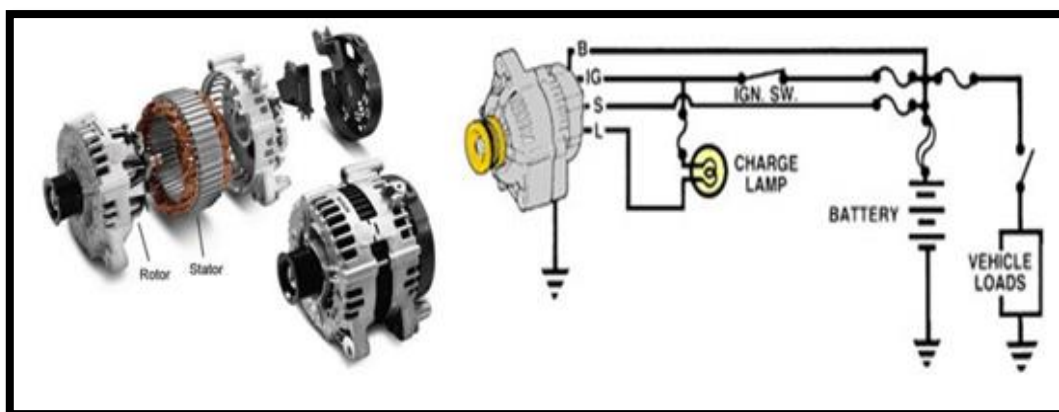


Gambar 4. Lokasi workshop yang digunakan sebagai tempat untuk melakukan pengelasan dan pelapisan bahan komposit untuk pembuatan kerangka turbin ulir

Setelah pelapisan selesai dilakukan, turbin dipasangkan dengan sebuah pembangkit dari jenis generator sinkron seperti yang terlihat pada gambar. Dalam upaya menghasilkan energi listrik dari tenaga air digunakan generator sinkron dari *dynamo charge* yang biasanya digunakan untuk pengapian dan pengisian baterai pada Mobil Kijang Innova. Generator tersebut digunakan pada turbin ulir dengan memanfaatkan potensi aliran air irigasi di Desa Ghurah, Kabupaten Aceh Besar.

Generator Sinkron sebagai Sumber Daya Pembangkit

Untuk memahami mekanisme kerja dan performa generator sinkron, perlu diperoleh pengetahuan mengenai konstruksi komponen utama dan pendukung serta prinsip kerjanya. Generator sinkron terdiri dari beberapa bagian penting yang perlu diperhatikan, termasuk stator dan rotor. Stator memiliki konstruksi yang terdiri dari rangka, inti, slot, gigi, dan kumparan. Di sisi lain, rotor dilengkapi dengan *slip ring*, kumparan, dan *prime mover*. Stator memiliki fungsi sebagai tempat penerima induksi magnet dari rotor. Gambar 5 menggambarkan inti dan alur stator serta sistem pengisian generator yang menjadi tempat bagi kumparan jangkar. Sementara itu, rotor berperan dalam menghasilkan tegangan yang diinduksikan ke stator. Terdapat dua jenis rotor yang umum digunakan pada generator, yaitu rotor kutub sepatu dan rotor kutub dengan celah udara. Rotor kutub sepatu digerakkan oleh turbin dengan kecepatan rendah, sementara rotor kutub celah udara digunakan pada kecepatan tinggi. Dalam proyek pengabdian ini, penggunaan rotor kutub sepatu direkomendasikan untuk kecepatan rendah. Dengan pemahaman terhadap konstruksi dan fungsi komponen utama serta pendukung, dapat diperoleh wawasan yang lebih komprehensif tentang mekanisme kerja dan performa generator sinkron.



Gambar 5. Generator sinkron dan rangkaian sistem pengisian generator.

Sistem pengisian terdiri dari tiga komponen utama, yakni aki, alternator, dan regulator. Saat mesin dinyalakan, alternator bekerja bersama aki untuk menghasilkan listrik. Fungsi alternator adalah menghasilkan tegangan AC yang kemudian dikonversi menjadi tegangan DC. Di Gambar 5, terdapat empat kabel (soket) yang terhubung dengan

alternator dalam rangkaian kelistrikan. Simbol B digunakan untuk melambangkan kabel output alternator yang langsung mengalirkan listrik ke aki. Simbol IG menandakan adanya indikator kontak pada alternator, sementara simbol S digunakan oleh regulator untuk mengatur arus listrik yang mengisi baterai. Selanjutnya, simbol L digunakan untuk melambangkan kabel yang berfungsi sebagai indikator lampu oleh regulator. Simbol IG menunjukkan indikator kontak yang terdapat pada alternator, sementara simbol S digunakan oleh regulator untuk mengatur arus listrik yang mengisi baterai. Selanjutnya, simbol L melambangkan kabel yang digunakan oleh regulator sebagai indikator lampu. Dalam pengabdian ini, digunakan generator sinkron yang dilengkapi dengan regulator tegangan, yang memanfaatkan dynamo pengisian baterai mobil Kijang Innova. Generator ini terdiri dari komponen kumparan stator dan rotor belitan. Untuk menghasilkan tegangan, diperlukan arus searah yang diperoleh dari baterai sebagai penguat sehingga menghasilkan fluks yang diperlukan untuk membangkitkan gaya gerak listrik. Sedangkan untuk menghasilkan arus bolak-balik, digunakan alat kontrol yang disebut inverter. Pemasangan generator dan alat kontrol tersebut sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Gambar 5.

Implementasi Turbin Listrik Mikrohidro

Dalam pengabdian ini, telah berhasil menghasilkan turbin ulir dalam sistem PLTMH untuk menyuplai energi listrik ke daerah perkebunan rakyat. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada beberapa lokasi dengan debit air rendah, turbin mampu mencapai putaran nominal yang menghasilkan daya gerak listrik. Dalam pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat berbasis produk ini, telah disosialisasikan kepada masyarakat tentang cara mengoperasikan PLTMH turbin ulir. Selain itu, juga diberikan penjelasan mengenai cara mendapatkan listrik yang murah dan mudah dengan memanfaatkan konstruksi saluran yang sudah ada di perkampungan. Dalam pelatihan ini, masyarakat dibimbing untuk memanfaatkan generator set yang sudah tersedia sehingga dapat diparalelkan dengan PLTMH yang menggunakan turbin ulir.



Gambar 6. Proses uji coba perangkat turbin ulir PLTMH di bendungan saluran irigasi
Desa Gurah Kabupaten Aceh Besar

Dalam rangka melanjutkan pemanfaatan produk dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat, dilakukan transfer teknologi kepada masyarakat melalui pelatihan pengenalan dan penerapan generator pada komponen mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Pada Gambar 6 menampilkan proses uji coba perangkat turbin ulir PLTMH di bendungan irigasi Desa Gurah Kabupaten Aceh Besar. Generator ini terdiri dari beberapa komponen, termasuk rotor dan stator. Rotor mengandung magnet dengan beberapa kutub, sementara stator berisi kumparan lilitan. Jumlah lilitan kumparan dan magnet memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja dan prestasi generator. Melalui pelatihan ini, diharapkan masyarakat dapat memahami lebih lanjut mengenai generator dan mampu mengaplikasikannya pada komponen mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Transfer teknologi ini merupakan langkah lanjutan dalam memanfaatkan hasil pengabdian dan memberikan manfaat yang nyata bagi masyarakat. Berikut adalah solusi yang diberikan oleh tim pengabdian berdasarkan komponen PLTMH yang telah dijelaskan sebelumnya:

1. Penggunaan turbin ulir, yang merupakan turbin dengan kecepatan rendah yang sangat cocok untuk saluran irigasi dengan debit air yang diatur melalui pintu air. Dengan demikian, turbin dapat menerima aliran air yang konstan, memastikan tersedianya energi listrik untuk penerangan dan pengoperasian pompa air.
2. Pemanfaatan generator sinkron untuk mengubah energi dari air menjadi energi listrik.
3. Pemanfaatan energi hidro (hidro power) yang merupakan sumber energi ramah lingkungan yang sangat berpotensi di Desa Gurah, Aceh Besar. Energi air digunakan sebagai penggerak turbin dalam PLTMH. Keberadaan energi listrik memudahkan petani dalam melakukan penyiraman tanaman, meningkatkan pendapatan mereka, serta menyediakan penerangan untuk menjaga keamanan lingkungan dan melawan gangguan dari hewan liar.

4. Simpulan

Implementasi pengabdian kepada masyarakat merupakan salah satu tugas penting lembaga pendidikan tinggi yang membutuhkan pendidik untuk menerapkan ide-ide yang dapat memberikan manfaat langsung bagi masyarakat. Kegiatan ini dilakukan sesuai dengan tema Pengabdian kepada Masyarakat Berbasis Produk yang bertujuan untuk memanfaatkan energi terbarukan dalam bentuk energi listrik dan meningkatkan ketahanan ekonomi masyarakat melalui pengembangan turbin hidroelektrik dengan desain ulir. Untuk memenuhi kebutuhan akan energi listrik yang penting bagi kehidupan manusia, diperlukan sumber-sumber listrik alternatif dan efisien. Keberhasilan program pengabdian kepada masyarakat berbasis produk ini tergambar dalam penciptaan produk pembangkit listrik tenaga air yang menggunakan turbin ulir dengan lapisan komposit *hybrid*. Produk ini direncanakan untuk digunakan oleh mitra masyarakat dengan harapan dapat meningkatkan pendapatan tambahan bagi para petani kebun. Program pengabdian

kepada masyarakat berbasis produk ini yang bertujuan untuk pembuatan pembangkit listrik tenaga air menggunakan turbin ulir telah menunjukkan prestasi yang luar biasa, dan diharapkan akan mendapatkan dukungan dana tambahan untuk memperluas jumlah unit lainnya, sehingga dapat digunakan oleh masyarakat petani kebun secara luas.

5. Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada perangkat desa dan seluruh masyarakat Desa Gurah, Aceh Besar yang telah secara aktif berpartisipasi dalam mendukung kelancaran pelaksanaan program pengabdian ini. Selain itu, kami juga ingin mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Syiah Kuala dan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah mendanai pelaksanaan pengabdian ini dengan nomor kontrak 174/UN11 /SPK/ PNPB/2021 tanggal 22 Februari 2021.

6. Referensi

- Aliyu, M., Hassan, G., Said, S.A., Siddique, M.U., Alawani Mansur (2018). A Review of Solar-Powered Water Pumping Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 87, 61–76. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.010>
- Febijanto, I. (2011). Pemanfaatan Potensi Tenaga Air Di Saluran Irigasi Banjarcayana, Kabupaten Banjarnegara, Propinsi Jawa Tengah Sebagai Usaha Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 9(3), 277–286. doi: 10.29122/jtl.v9i3.472.
- Febryanto, & Desrimon, A. (2018). Analisis Potensi Sungai Tapung Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 1(1), 69–81.
- Marhendi, T., & Toifin (2019). Studi potensi pembangkit listrik tenaga mikro hidro di sungai brukah (kali bening , banjarnegara). 20(1), 11–17.
- Nasir, B. A. (2013). Design of Micro -Hydro –Electric Power Station, *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2(5), 39–47. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.674.5491&rep=rep1&type=pdf>.
- Pranoto, B. et al. (2018). Potensi Energi Mikrohidro di Daerah Irigasi (Studi Kasus di Wilayah Sungai Serayu Opak). *Jurnal Irigasi*, 12(2), 77. doi:10.31028/ji.v12.i2.77-86.
- Shantika, D. (2013). Perancangan Prototipe Piko Hydro PORTABLE 200 Watt, *Seminar Nasional XII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*, Kampus ITENAS - Bandung, 17-18 Desember 2013.
- Subandono, A. (2013). Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). *ADITYA-Pendidikan Bahasa dan Sastra Jawa*, 10(4), 1–13. doi:10.17529/jre.v10i4.1113.
- Yani Prabowo, Suwasti Broto, Grace Gata. (2019). Program Pengabdian kepada Masyarakat: Pelatihan Pemanfaatan Saluran Irigasi untuk Pembangkit Listrik Mikrohidro kepada Masyarakat di Desa Pamijahan Gunung Bunder. *Sebatik* 2621-069X. pp. 462-468.