

Pembangkit Mikrohidro untuk Mendukung Ekowisata di Desa Munduk, Buleleng, Bali

M. Yusuf¹, I Ketut Gde Juli Suarbawa^{2*}, I Made Suarta³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Bali

*Corresponding author, e-mail: julisuarbawa@pnb.ac.id

Abstrak

Desa Munduk, Kecamatan Banjar, Kabupaten Buleleng, Bali, merupakan kawasan ekowisata yang masih menghadapi keterbatasan akses energi listrik dari jaringan PLN. Kondisi ini menjadi kendala bagi pengembangan wisata dan aktivitas ekonomi masyarakat. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan menyediakan energi terbarukan melalui pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dengan target kapasitas 300 W. Metode pelaksanaan meliputi survei debit dan tinggi jatuh air, perhitungan kapasitas daya, perancangan kincir air tipe undershot, fabrikasi komponen, instalasi sistem transmisi, serta pengujian output selama tujuh hari dengan variasi beban. Hasil implementasi menunjukkan kapasitas terpasang sebesar 70 W, lebih rendah dari target awal akibat debit air yang fluktuatif, efisiensi turbin yang terbatas, serta kerugian pada sistem transmisi. Meski demikian, listrik yang dihasilkan telah dimanfaatkan untuk penerangan jalan wisata, fasilitas charging ponsel di kios, dan penerangan rumah warga sekitar. Dampak nyata ini mendukung kenyamanan wisatawan, meningkatkan keamanan lokasi wisata, serta memberdayakan masyarakat desa. Keterbatasan utama kegiatan ini adalah perbedaan signifikan antara target dan realisasi daya. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya disarankan untuk mengoptimalkan desain turbin, meningkatkan efisiensi generator, serta mengintegrasikan PLTMH dengan energi surya agar kapasitas lebih besar dan stabil. Dengan demikian, PLTMH sederhana terbukti dapat menjadi solusi awal menuju kemandirian energi dan penguatan citra ekowisata berkelanjutan di Desa Munduk.

Kata Kunci: Desa Munduk; Ekowisata; Energi terbarukan; PLTMH.

Abstract

Munduk Village, located in Banjar District, Buleleng Regency, Bali, is an ecotourism area that still faces limited access to electricity from the national grid. This condition hinders tourism development and local economic activities. This community service project aimed to provide renewable energy through the construction of a Micro-Hydro Power Plant (MHPP) with a target capacity of 300 W. The implementation method included a water flow and head survey, power capacity calculation, the design of an undershot water wheel, component fabrication, system installation, and a seven-day output test under varying electrical loads. The results showed an installed capacity of 70 W, which was lower than the initial target due to fluctuating water discharge, limited turbine efficiency, and energy losses in the transmission system. Nevertheless, the generated electricity has been utilized for street lighting in the tourist area, mobile phone charging facilities at a kiosk, and household lighting for nearby residents. These practical outcomes enhanced visitor comfort, improved site safety, and empowered the local community. The main limitation of this project lies in the significant gap between the design target and the realized capacity. Therefore, future development should focus on optimizing turbine design, improving generator efficiency, and integrating MHPP with solar energy to achieve greater and more stable output. In conclusion, a simple MHPP has proven to be an effective initial solution for advancing energy independence and strengthening the image of sustainable ecotourism in Munduk Village.

Keywords: Ecotourism; Munduk Village; Renewable energi; PLTMH.

How to Cite: Yusuf, M., Suarbawa, I. K. G. J. & Suarta, I. M. (2025). Pembangkit Mikrohidro untuk Mendukung Ekowisata di Desa Munduk, Buleleng, Bali. *Abdi: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 7(3), 895-903.



Pendahuluan

Desa Munduk, yang terletak di Kecamatan Banjar, Kabupaten Buleleng, Bali, dikenal sebagai salah satu destinasi ekowisata dengan potensi alam berupa air terjun, hutan lindung, dan aktivitas wisata berbasis masyarakat. Wisatawan yang datang dapat menikmati keindahan lanskap pertanian, budaya lokal, serta atraksi alam yang masih terjaga keasriannya. Potensi ini memberikan peluang besar untuk pengembangan ekonomi desa berbasis pariwisata berkelanjutan (BPS Provinsi Bali, 2024). Namun, meskipun memiliki potensi pariwisata yang tinggi, Desa Munduk masih menghadapi keterbatasan dalam penyediaan energi listrik karena belum sepenuhnya terjangkau oleh jaringan PLN.



Gambar 1. Lokasi Pengabdian

Ketiadaan akses listrik yang memadai menjadi kendala bagi pengembangan destinasi wisata pedesaan. Keterbatasan energi berdampak pada rendahnya kenyamanan wisatawan, keterbatasan kegiatan ekonomi pada malam hari, serta kurang optimalnya fasilitas penunjang wisata seperti penerangan, penginapan, maupun layanan digital. Menurut Fitiwi dan lainnya, ketersediaan energi yang handal merupakan faktor kunci dalam mendukung pembangunan berkelanjutan, termasuk sektor pariwisata (Fitiwi et al., 2024; Li et al., 2024; Purnaini et al., 2022). Oleh karena itu, penyediaan energi alternatif berbasis sumber daya lokal menjadi kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kualitas ekowisata Desa Munduk.

Pemanfaatan energi terbarukan merupakan solusi strategis untuk menjawab kebutuhan energi desa wisata. Salah satu teknologi yang relevan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), yang menggunakan aliran air dengan kapasitas kecil hingga menengah untuk menghasilkan listrik. PLTMH dinilai sesuai untuk pedesaan karena ramah lingkungan, mudah dibangun, serta dapat dikelola oleh masyarakat setempat (Butera & Balestra, 2015; Sukmajati & Hafidz, 2015). Selain itu, PLTMH mampu memanfaatkan saluran irigasi yang sudah ada tanpa mengganggu fungsi utama pertanian maupun perikanan (Madi et al., 2022). Dengan karakteristik tersebut, PLTMH sangat cocok diterapkan di Desa Munduk.

Sejumlah penelitian menegaskan bahwa penerapan energi terbarukan di kawasan wisata berkontribusi pada citra positif destinasi sebagai pariwisata berkelanjutan. Tapia Carpio & Guimarães (2024) menunjukkan bahwa diversifikasi energi melalui hidro, surya, dan angin dapat mengurangi fluktuasi pasokan energi sekaligus memperkuat stabilitas sistem energi di daerah terpencil. Lebih jauh, Li et al. (2024) menekankan bahwa integrasi energi bersih mampu menekan biaya operasional jangka panjang dan memberikan nilai tambah bagi pengelolaan destinasi wisata. Dengan demikian, penerapan PLTMH di Desa Munduk bukan hanya menjawab masalah energi, tetapi juga mendukung daya tarik wisata ramah lingkungan yang bernilai edukatif bagi wisatawan.

Berdasarkan survei awal, saluran irigasi di Desa Munduk memiliki potensi energi air yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai sumber listrik skala kecil. Tipe kincir air undershot dipilih karena sesuai dengan kondisi lapangan, mudah dipasang, serta memiliki biaya konstruksi yang relatif rendah (Asral et al., 2023). Oleh karena itu, kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk membangun PLTMH sederhana dengan target kapasitas 300 W guna mendukung kebutuhan listrik dasar, seperti penerangan dan fasilitas wisata. Dengan adanya PLTMH, Desa Munduk diharapkan dapat mencapai kemandirian energi sekaligus memperkuat posisinya sebagai destinasi ekowisata berkelanjutan di Bali Utara.

Kebaruhan dari kegiatan ini terletak pada penerapan teknologi PLTMH skala kecil di kawasan ekowisata yang belum terjangkau listrik PLN, dengan pendekatan berbasis kearifan lokal. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak menekankan pada desain teknis atau penerapan di kawasan pertanian

(Madi et al., 2022; Mustaffa et al., 2023), sedangkan kegiatan ini menitikberatkan pada pemanfaatan energi terbarukan untuk mendukung sektor pariwisata desa. Selain itu, kombinasi antara fungsi energi dan peningkatan daya tarik wisata menjadikan program ini memiliki nilai lebih dibandingkan implementasi PLTMH pada umumnya.

Implikasi dari kegiatan pengabdian ini adalah terbukanya peluang replikasi model penyediaan energi terbarukan di desa wisata lain di Bali maupun Indonesia. Kehadiran PLTMH sederhana bukan hanya memberikan listrik untuk kebutuhan dasar, tetapi juga meningkatkan kenyamanan wisatawan, memperpanjang aktivitas ekonomi malam hari, dan memperkuat citra pariwisata berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan Kurrahman et al. (2024) yang menegaskan bahwa pendekatan energi berbasis sumber daya lokal dapat memperkuat ketahanan ekonomi desa dan mendukung agenda pembangunan hijau di tingkat nasional.

Metode Pelaksanaan

Pengabdian masyarakat di bidang energi harus memastikan adanya manfaat langsung bagi masyarakat sekitar.

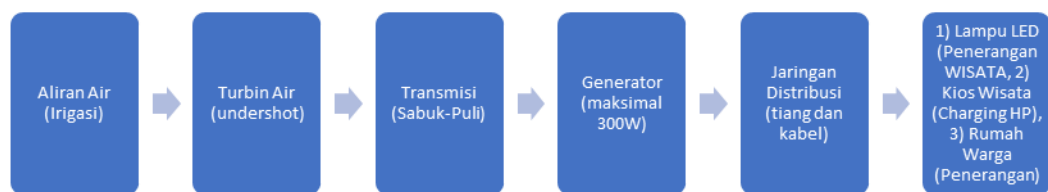
Pengujian dan Evaluasi Kinerja

Pengujian dilakukan selama tujuh hari dengan variasi beban listrik (lampu LED 5–20 W dan kombinasi beban lain). Parameter tegangan, arus, dan daya dicatat setiap kali perubahan beban dilakukan. Tujuan pengujian adalah mengetahui kapasitas maksimal pembangkit dan stabilitas daya. Analisis hasil mengacu pada Mustaffa et al. (2023), yang menekankan pentingnya uji eksperimental untuk menilai deviasi antara daya desain dan realisasi. Hasil uji kemudian dievaluasi untuk melihat pencapaian target 300 W serta faktor pembatas yang menyebabkan kapasitas aktual hanya mencapai 70 W.

Analisis Implikasi Metode

Selain memastikan operasional teknis, metode ini juga dirancang agar dapat direplikasi di lokasi lain dengan kondisi serupa. Menurut Kurrahman et al. (2024), pendekatan berbasis potensi lokal dengan partisipasi masyarakat menjadi kunci keberhasilan program energi terbarukan di desa. Oleh karena itu, keterlibatan warga dalam proses survei, instalasi, dan pemeliharaan menjadi bagian penting dalam metode pelaksanaan ini.

Secara diagram metode penerapan pembangkit listrik tenaga air mikrohidro bisa dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram metode penerapan pembangkit listrik tenaga air mikrohidro

Sedangkan kincir air yang diterapkan adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Mesin Turbin Mikro Hidro

Penerapan teknologi pembangkit listrik tenaga air sesuai dengan potensi daerah (Butera & Balestra, 2015; Elhadi et al., 2020; Carpio & Cardoso Guimarães, 2024), dan penerapan harus disesuaikan dengan hasil kajian (Asral et al., 2023). Sebuah kincir air dapat dibuat yang menggunakan generator untuk menghasilkan daya listrik. Daya langsung dapat digunakan untuk kepentingan umum.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian PLTMH

Setelah instalasi, dilakukan pengujian output listrik selama 7 hari. Parameter yang diukur meliputi tegangan (V), arus (I), dan daya (W) dengan variasi beban (lampu LED 5–20 W dan kombinasi beban tambahan). Hasil pengujian dirangkum pada Tabel 1.

Untuk memastikan bahwa peralatan beroperasi dengan baik dan bermanfaat bagi masyarakat, proses pengujian dilakukan setelah kincir air dipasang pada saluran air desa dan sistem transmisi dipasang hingga generator memutar untuk menghasilkan tegangan. Proses pengujian sangat penting untuk memastikan apakah alat bisa berjalan dengan baik sesuai dengan tujuan yang diharapkan (Mustaffa et al., 2023; Rizky & Fithri, 2023; Xiao et al., 2024).



Gambar 4. Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1, pengujian kapasitas pembangkit dilakukan selama seminggu untuk menghemat waktu dan mendapatkan informasi yang diinginkan. Tujuan pengujian adalah untuk menentukan beban listrik maksimum yang dapat ditanggung oleh pembangkit.

Tabel 1. Hasil pengujian kapasitas pembangkit selama seminggu

Hari ke	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (I)	Daya, beban (Wat)
1	11	0,521	7
	9	1,125	9
	8	3,688	22
	7	10,61	70
2	8,8	0,518	6
	7,1	1,166	10
	6,3	3,677	21
	5,2	12,036	68
	9	0,521	8
3	7	1,125	30
	8	3,600	25
	7	10,600	61
4	11	0,521	6
	8	1,125	12
	8	3,654	34
	7	10,645	70
5	10	0,540	8

Hari ke	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (I)	Daya, beban (Wat)
	8	1,132	10
	7	3,621	27
	8	10,64	65
6	10	0,543	8
	9	1,125	10
	9	3,642	35
	6	10,655	60
7	11	0,567	6
	9	1,125	8
	8	3,699	30
	5	10,632	65

Pengujian dilakukan selama tujuh hari dengan variasi beban listrik untuk melihat performa PLTMH tipe *undershot*. Hasilnya menunjukkan daya keluaran bervariasi antara 6 W hingga 70 W (Tabel 1). Fluktuasi ini dipengaruhi oleh kondisi debit air irigasi yang tidak konstan, kualitas transmisi mekanis, serta beban listrik yang diuji. Menurut [Mustaffa et al. \(2023\)](#), kestabilan output generator mikrohidro sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran air dan efisiensi konversi energi pada turbin. Hal ini sejalan dengan temuan [Rizky & Fithri \(2023\)](#) yang menekankan pentingnya sistem monitoring daya untuk memahami variasi kinerja PLTMH di lapangan.

Analisis Variasi Output

Hasil uji menunjukkan bahwa daya listrik yang dihasilkan sangat bervariasi, berkisar antara 6–70 W dan tidak sampai pada kapasitas maksimal turbin yaitu 300 W. Variasi ini dipengaruhi oleh: (1) Debit air yang fluktuatif akibat penggunaan irigasi masyarakat. (2) Efisiensi turbin *undershot* relatif rendah (35–45%) dibanding tipe turbin lainnya. (3) Kehilangan daya mekanis pada transmisi sabuk-puli. (4) Kualitas generator yang sederhana dan belum optimal pada putaran rendah.

Daya aktual yang dihasilkan tidak mencapai nilai konstan, tetapi berfluktuasi. Pada beban ringan (lampu LED 5–10 W), tegangan relatif stabil pada kisaran 8–11 V, sedangkan pada beban lebih tinggi, daya meningkat namun efisiensi menurun. Kondisi ini menunjukkan bahwa kinerja PLTMH sederhana masih sangat dipengaruhi oleh head dan debit air yang rendah. Menurut [Butera & Balestra \(2015\)](#), jaringan irigasi dengan head kecil umumnya hanya mampu menghasilkan daya terbatas, sehingga pemilihan turbin *undershot* memang tepat, tetapi efisiensinya rendah. Selain itu, penggunaan transmisi sabuk-puli menambah kerugian mekanis sehingga output lebih kecil dibandingkan kapasitas teoritis ([Asral et al., 2023](#)).

Hasil pengukuran menunjukkan adanya fluktuasi signifikan pada tegangan dan arus keluaran seiring dengan perubahan beban listrik. Pada beban ringan, sistem cenderung menghasilkan tegangan stabil namun daya rendah, sedangkan pada beban mendekati maksimum, daya meningkat tetapi tegangan turun secara signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas turbin *undershot* memiliki keterbatasan dalam menjaga kestabilan output listrik. Menurut [Mustaffa et al. \(2023\)](#), ketidakstabilan semacam ini umum terjadi pada pembangkit skala kecil karena generator yang digunakan belum dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis (voltage regulator).

Selain itu, variasi output juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan di sekitar saluran irigasi. Selama pengujian, debit air tidak selalu konstan karena adanya fluktuasi penggunaan air oleh petani di hulu saluran. Hal ini menyebabkan turbin berputar dengan kecepatan yang tidak stabil, sehingga memengaruhi arus listrik yang dihasilkan. [Carpio & Guimarães \(2024\)](#) menyatakan bahwa sistem energi berbasis hidro skala kecil harus dirancang dengan memperhitungkan dinamika sosial-ekonomi masyarakat sekitar, termasuk pola penggunaan air irigasi, agar sistem tetap berfungsi optimal sepanjang waktu. Dengan demikian, variasi output yang tercatat di Desa Munduk mencerminkan keterkaitan erat antara aspek teknis dan sosial dalam keberlanjutan PLTMH.

Perbandingan Target dan Realisasi

Target kapasitas awal ditetapkan 300 W berdasarkan estimasi debit dan head pada saat survei. Namun, hasil aktual hanya 70 W. Perbedaan ini terutama disebabkan oleh: (1) Debit air rata-rata lebih rendah dari perkiraan survei awal. (2) Efisiensi turbin dan generator lebih kecil dari asumsi perhitungan. (3) Faktor desain yang masih sederhana karena keterbatasan biaya dan teknologi lokal.

Target awal 300 W ditetapkan berdasarkan perhitungan debit rata-rata ($Q \approx 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$) dan head sekitar 0,3–0,4 m, dengan asumsi efisiensi 35–45%. Namun, pada praktiknya, debit aktual lebih rendah dari perkiraan akibat penggunaan irigasi oleh masyarakat sekitar, sehingga daya maksimal hanya mencapai 70

W. Xiao et al. (2024) menunjukkan bahwa deviasi antara daya desain dan realisasi umum terjadi pada sistem pembangkit kecil karena keterbatasan estimasi debit dan faktor efisiensi turbin. Temuan ini menegaskan pentingnya uji coba lapangan jangka panjang sebelum penetapan target kapasitas.

Perbedaan ini juga disebabkan oleh ketidakpastian data hidrologi. Survei debit dilakukan pada musim penghujan, sementara saat implementasi, debit air lebih rendah karena musim peralihan. Hal ini sesuai dengan laporan Carpio & Guimarães (2024) bahwa fluktuasi ketersediaan air merupakan tantangan utama dalam sistem hidro skala kecil, terutama di daerah tropis yang memiliki pola hujan musiman. Dengan demikian, penentuan kapasitas PLTMH harus memperhitungkan variabilitas musiman agar sistem lebih realistis dan berkelanjutan.

Selain faktor hidrologi, keterbatasan teknis juga berpengaruh. Turbin undershot yang digunakan memiliki efisiensi relatif rendah dibandingkan tipe lain seperti crossflow atau pelton. Menurut Butera & Balestra (2015), turbin undershot lebih cocok untuk head rendah, namun efisiensinya bisa turun drastis jika debit berkurang. Kerugian tambahan terjadi pada transmisi sabuk-puli, di mana slip dan gesekan menyebabkan penurunan daya efektif yang signifikan (Rizky & Fithri, 2023). Oleh karena itu, meskipun perhitungan awal menunjukkan potensi 300 W, keterbatasan teknologi yang digunakan di lapangan menjelaskan mengapa daya aktual hanya mencapai 70 W.

Dengan demikian, kapasitas terpasang walaupun jauh di bawah target, namun masih memberikan manfaat nyata sesuai tujuan dasar, yaitu penyediaan energi untuk kebutuhan dasar masyarakat dan wisata.

Dampak Nyata bagi Masyarakat

Meskipun daya yang dihasilkan relatif kecil, penerapannya sudah membawa dampak positif di Desa Munduk, antara lain: (1) Penyediaan lampu penerangan jalan di area wisata, meningkatkan kenyamanan dan keamanan wisatawan. (2) Penyediaan fasilitas charging ponsel di kios wisata, menambah layanan bagi pengunjung. (3) Penerangan rumah warga sekitar, sehingga aktivitas malam hari lebih leluasa. (4) Memberikan edukasi langsung kepada masyarakat tentang pemanfaatan energi terbarukan.

Listrik yang digunakan untuk penerangan jalan wisata, stopkontak charging ponsel di kios, dan penerangan rumah warga. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Madi et al. (2022) yang menyatakan bahwa PLTMH sederhana mampu memenuhi kebutuhan dasar energi di desa wisata, meningkatkan kenyamanan pengunjung, serta mendukung ekonomi lokal. Selain itu, adanya penerangan di area wisata juga meningkatkan aspek keamanan dan estetika destinasi, sebagaimana disampaikan oleh Syahza (2019) bahwa program pengabdian yang berbasis energi terbarukan dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat sekaligus memperkuat daya tarik wisata berkelanjutan.

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun kapasitas masih terbatas, PLTMH sederhana dapat menjadi solusi awal menuju kemandirian energi desa wisata. Untuk pengembangan selanjutnya, perlu dilakukan optimasi desain turbin, peningkatan efisiensi generator, serta kemungkinan integrasi dengan panel surya agar kapasitas listrik lebih besar dan stabil.

Hasil ini juga menunjukkan bahwa dengan memasang pembangkit listrik di lokasi untuk memenuhi kebutuhan kegiatan pariwisata, tujuan pengabdian dapat dicapai. Salah satu keuntungan tambahan adalah kemampuan untuk meningkatkan keindahan tempat wisata kelas masak. Di lokasi wisata juga dipasang tiang listrik. Ini dimulai di sekitar lokasi pembangkit, di mana rangkaian kabel yang menghubungkan lampu penerangan dipasang. Ada bola lampu juga untuk menunjukkan lokasi. Setelah itu, kabel listrik disambungkan ke warung yang lebih dekat, tempat instalasi listrik dilakukan. Setelah tiang terakhir dipasang, arus listrik dialirkan ke rumah-rumah di sekitarnya. Selanjutnya, daya yang tersisa dikirim ke rumah warga yang dekat.

Kegiatan pengabdian atau penelitian harus membawa dampak yang bermanfaat bagi masyarakat (Abuzanjali & Bashir, 2024; Kurrahman et al., 2024; Syahza, 2019). Beberapa manfaat dari pelaksanaan pengabdian ini adalah: (a) Sumber Energi Bersih. PLTMH menggunakan air sebagai sumber energi utama yang tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca. Hal ini mendukung konsep pariwisata ramah lingkungan yang menjadi daya tarik utama bagi wisatawan yang peduli lingkungan. (b) Pengurangan Biaya Operasional. PLTMH dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan biaya energi bagi fasilitas ekowisata dan masyarakat sekitar. Hal ini sangat menguntungkan, terutama bagi pengelola wisata yang dapat mengalihkan anggaran energi ke sektor lain yang mendukung kegiatan wisata. (c) Pengembangan Infrastruktur Lokal. Pengembangan PLTMH biasanya melibatkan perbaikan dan pembangunan infrastruktur pendukung seperti jalan dan jaringan listrik, yang dapat meningkatkan aksesibilitas ke destinasi ekowisata serta memberikan kenyamanan bagi wisatawan dan masyarakat setempat. (d) Pemberdayaan Ekonomi Lokal. Pengelolaan dan pemeliharaan PLTA dapat menciptakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar, termasuk dalam hal pengelolaan, teknisi, serta jasa pendukung. Selain itu, adanya listrik yang memadai juga memungkinkan pengembangan usaha lokal seperti homestay, restoran, dan produk UMKM untuk melayani wisatawan. (e) Pelestarian Alam dan Sumber Daya Air. PLTMH berpotensi

mendorong pelestarian hutan dan kawasan tangkapan air, karena keberlangsungan PLTMH sangat bergantung pada ketersediaan air yang stabil. Hal ini dapat mendukung upaya konservasi alam di sekitar area ekowisata. (f) Meningkatkan Citra Wisata Berkelanjutan. Desa Munduk dapat memanfaatkan PLTMH sebagai daya tarik edukasi dan turisme yang menunjukkan komitmen terhadap energi terbarukan. Hal ini meningkatkan daya tarik wisatawan yang tertarik pada wisata yang berfokus pada keberlanjutan dan kelestarian lingkungan.

Implikasi dan Arah Pengembangan

Hasil implementasi menunjukkan bahwa PLTMH dapat menjadi langkah awal menuju kemandirian energi desa, meskipun kapasitas masih terbatas. Untuk meningkatkan kapasitas, diperlukan optimasi desain turbin dengan material yang lebih efisien, penggunaan generator dengan efisiensi tinggi, serta perbaikan sistem transmisi untuk mengurangi kerugian daya. [Kurrahman et al. \(2024\)](#) menekankan pentingnya pendekatan berbasis sumber daya alam lokal untuk mendukung pembangunan ekonomi dan ekowisata secara berkelanjutan. Selain itu, integrasi PLTMH dengan sumber energi lain, seperti panel surya, dapat menjadi strategi hibrid yang menjamin ketersediaan energi sepanjang tahun ([Carpio & Guimarães, 2024](#); [Li et al., 2024](#)). Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mencapai kapasitas yang lebih besar dan memberikan manfaat berkelanjutan bagi masyarakat Desa Munduk.

Rekomendasi Kegiatan Pengabdian Selanjutnya

Berdasarkan hasil implementasi PLTMH di Desa Munduk, terdapat beberapa rekomendasi untuk kegiatan pengabdian selanjutnya: (1) Optimasi desain turbin dan generator. Desain kincir undershot dapat dimodifikasi dengan jumlah sudu dan material yang lebih ringan agar efisiensinya meningkat ([Asral et al., 2023](#); [Mustaffa et al., 2023](#)). Pemilihan generator dengan kinerja lebih baik pada putaran rendah juga sangat diperlukan untuk meningkatkan kapasitas daya. (2) Integrasi dengan energi terbarukan lain. Untuk mengatasi keterbatasan debit air saat musim kemarau, PLTMH dapat dikombinasikan dengan panel surya dalam sistem hibrid. Hal ini sejalan dengan temuan [Carpio & Guimarães \(2024\)](#) yang menyatakan bahwa diversifikasi energi dapat menstabilkan pasokan listrik di daerah terpencil. (3) Peningkatan sistem distribusi listrik. Jaringan distribusi sederhana perlu dikembangkan dengan kabel berisolasi lebih baik serta sistem proteksi dasar agar lebih aman dan tahan lama ([Rizky & Fithri, 2023](#)). (4) Pelatihan dan pendampingan masyarakat. Pengelolaan dan pemeliharaan PLTMH sebaiknya dilakukan langsung oleh masyarakat setempat. Dengan adanya pelatihan, masyarakat dapat mandiri dalam perawatan, memperpanjang umur sistem, sekaligus meningkatkan kapasitas teknis mereka ([Syahza, 2019](#)). (5) Pengembangan pariwisata edukatif. PLTMH dapat dijadikan sebagai objek wisata edukasi energi terbarukan di Desa Munduk, yang tidak hanya mendukung pasokan listrik tetapi juga meningkatkan daya tarik wisata bagi pengunjung yang peduli pada isu keberlanjutan.

Dengan rekomendasi tersebut, kegiatan pengabdian diharapkan tidak hanya berhenti pada pembangunan PLTMH sederhana, tetapi berkembang menjadi model penyediaan energi terbarukan yang berkelanjutan, partisipatif, dan dapat direplikasi di desa wisata lainnya.

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Munduk berhasil membangun sebuah PLTMH sederhana berbasis kincir undershot dengan kapasitas terpasang sekitar 70 W. Energi ini dimanfaatkan untuk penerangan jalan wisata, fasilitas charging ponsel di kios, serta penerangan rumah warga, sehingga memberikan manfaat nyata bagi aktivitas pariwisata dan masyarakat sekitar.

Namun demikian, terdapat keterbatasan utama, yaitu perbedaan signifikan antara kapasitas target (300 W) dengan realisasi (70 W). Perbedaan ini disebabkan oleh debit air yang lebih rendah dari perkiraan, efisiensi turbin yang terbatas, serta kerugian energi pada sistem transmisi. Kondisi ini menunjukkan bahwa potensi energi terbarukan di lokasi masih belum dimanfaatkan secara optimal.

Sebagai tindak lanjut, diperlukan beberapa rekomendasi pengembangan: (1) optimasi desain turbin dan pemilihan generator dengan efisiensi tinggi pada putaran rendah, (2) integrasi PLTMH dengan energi surya untuk menjamin pasokan yang lebih stabil, (3) peningkatan kualitas sistem distribusi agar lebih aman dan berkelanjutan, (4) pelatihan masyarakat lokal dalam pengelolaan dan pemeliharaan pembangkit, serta (5) pengembangan PLTMH sebagai objek wisata edukasi energi terbarukan.

Dengan langkah-langkah tersebut, Desa Munduk berpotensi mencapai kemandirian energi sekaligus memperkuat citra sebagai destinasi ekowisata berkelanjutan yang dapat menjadi model bagi desa wisata lainnya di Indonesia.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terpublikasikannya artikel ini, Bapak Putu Adi Suprpto, SH., LL.M. selaku Kepala P3M Politeknik Negeri Bali, Bapak I Dewa Made Cipta Santosa, ST,M,Sc.,Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Bapak Dr. Ir. I Made Suarta selaku Ketua Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik serta rekan - rekan dosen di Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik, Para teknisi, PLP dan adik mahasiswa yang telah membantu dalam pengabdian yang telah berlangsung.

Daftar Pustaka

- Abuzanjali, A., & Bashir, H. (2024). Service innovation challenges in UAE government entities: Identification and examination of the impact of organizational size and excellence model implementation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(3), 100364. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100364>
- Asral, A., Handika, Y., & Pekei, F. (2023). Pengembangan Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik untuk Kebutuhan Lokasi Wisata Bendungan Desa Menaming Rokan Hulu Riau. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 8(4 SE-Articles). <https://doi.org/10.30653/jppm.v8i4.564>
- BPS Provinsi Bali. (2024). *Provinsi Bali Dalam Angka 2024*. BPS Provinsi Bali. <https://bali.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/98fe74bb8f73f0d1c2cdda7a/provinsi-bali-dalam-angka-2024.html>
- Butera, I., & Balestra, R. (2015). Estimation of the hydropower potential of irrigation networks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 140–151. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.046>
- Elhadi, M. et al. (2020). Psychological status of healthcare workers during the civil war and COVID-19 pandemic: A cross-sectional study. *Journal of Psychosomatic Research*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2020.110221>
- Fitiwi, D., Longoria, G., & Lynch, M. A. (2024). Climate policy costs of spatially unbalanced growth in electricity demand: the case of datacentres in Ireland. *Climate Policy*, 24(5), 676–690. <https://doi.org/10.1080/14693062.2023.2208066>
- Kurrahman, T., Tsai, F. M., Sethanan, K., Lim, M. K., & Tseng, M.-L. (2024). Data-driven natural capital accounting model in Indonesia: Impacts of environmentally related economic activities on ecological processes and services. *Journal of Cleaner Production*, 469, 143213. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143213>
- Li, F., Liu, S., Wang, T., & Liu, R. (2024). Optimal planning for integrated electricity and heat systems using CNN-BiLSTM-Attention network forecasts. *Energy*, 309, 133042. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133042>
- M. Syafaat, K., Utomo, P., & Sutrisno, H. (2023). Perencanaan Sistem Air Bersih Dusun Begasing Desa Sedahan Kecamatan Sukadana Kabupaten Kayong Utara. *Jurnal Untan*, 3(1), 86–93. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jurlis/article/view/47715>
- Madi, M., Yunesti, P., Praseptiawan, M., Rafi, R., & Kusuma, A. P. (2022). Penerapan Teknologi Energi Hybrid: Turbin Mikrohidro dan Panel Surya untuk Menambah Produksi Energi Listrik di Dusun Batu Saeng, Tanggamus, Lampung. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 7(3 SE-Articles). <https://doi.org/10.30653/002.202273.149>
- Mustaffa, Z. A., Foong, F. M., Nik Mohd, N. A. R., & Ishak, I. S. (n.d.). Design, Testing and Analysis of an Anti-Phase Electromagnetic Hydro Generator for Self-Powered Sensors. *Electric Power Components and Systems*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/15325008.2023.2256724>
- Purnaini, R., Apriani, I., Kadaria, U., Saziati, O., & Aprillia, R. (2022). Upaya Perbaikan Sanitasi Lingkungan Melalui Peningkatan Akses Air Bersih Bagi Masyarakat Desa Sungai Itik, Kecamatan Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Pasopati*, 4(1), 59–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jekk.v%0vi%i.13284>
- Rismawanto, T. H., Binilang, A., & Halim, F. (2017). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Dumoga II Kecamatan Dumoga Timur Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Sipil Statik*, 5(5).
- Rizky, A., & Fithri, N. (2023). Rancang Bangun Alat Monitoring Power Meter Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (Plta) Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Darma Agung*, 398–406. <https://dx.doi.org.10.46930/ojsuda.v31i5.3754>
- Sarbini, A. (2014). *Tata Cara Perencanaan Air Bersih* (1st ed.). Jakarta: PUPR.

-
- Sukmajati, S., & Hafidz, M. (2015). Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw On Grid di Yogyakarta. *Energi dan Kelistrikan*, 7(1), 49–63. <https://doi.org/10.33322/energi.v7i1.582>
- Syahza, A. (2019). The real impact of university dedication in developing the country. *Unri Conference Series: Community Engagement*, 1, 1–7.
- Tapia Carpio, L. G., & Cardoso Guimarães, F. A. (2024). Regional diversification of hydro, wind, and solar generation potential: A mean-variance model to stabilize power fluctuations in the Brazilian integrated electrical energy transmission and distribution system. *Renewable Energy*, 235, 121266. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121266>
- Xiao, W., Chen, L., Yu, G., Ma, Z., Ma, Y., Xue, J., Cheng, Y., & Luo, E. (2024). Design and experimental study of a 300 We class combustion-driven high frequency free-piston Stirling electric generator. *Energy*, 300, 131615. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131615>