

## Inovasi Kincir Hidro Energi untuk Peningkatan Pariwisata Air Terjun Blemantung di Desa Pujungan Pupuan Tabanan-Bali

I Dewa Gede Agus Tri Putra <sup>1\*</sup>, Putu Wijaya Sunu <sup>2</sup>, I Made Suarta <sup>3</sup>, I Nyoman Gede Baliarta <sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Indonesia

\*Corresponding Author: [dewagedeagustriputra@pnb.ac.id](mailto:dewagedeagustriputra@pnb.ac.id)

**Abstrak:** Pandemi yang telah terjadi selama ini menyebabkan penurunan ekonomi para pelaku pariwisata di Bali secara drastis. Para pemilik logistik kepariwisataan seperti bangunan hotel, villa, dan jenis fasilitas lainnya sebagai pendukung kepariwisataan mengalami kesulitan dalam biaya perawatan fasilitas yang dimiliki. Konsumsi energi yang tinggi menjadi komponen biaya yang paling tinggi dan telah menjadi permasalahan di berbagai bidang industri lainnya. Mitra kegiatan ini menargetkan pembuatan akomodasi dan kegiatan wisata (*event tourism*) berbasis energi dan teknologi ramah lingkungan (*green technology*) dengan memanfaatkan dan mendukung objek wisata air terjun blemantung. Teknologi kincir hidro energi dibuat sebagai pengembangan pariwisata di Air Terjun Blemantung Desa Pujungan Tabanan-Bali. Energi air di salah satu bagian dari air terjun blemantung akan dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik dengan memasang sebuah kincir air sehingga energi air dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Peralatan yang dibutuhkan dalam kegiatan ini meliputi; kincir air, generator permanent magnet, dan baterai atau aki. Selain itu, peralatan pendukung untuk instalasi kincir hidro energi ini meliputi: saluran/kanal penampung air terjun, pemipaan ke Nozzle (*penstock*) dan sistem instalasi kelistrikan untuk baterai dan penggunaan output energi listrik. Instalasi Kincir hidro energi ini digunakan untuk memberikan tambahan energi listrik untuk konsumsi energi bangunan dan logistik pariwisata di air terjun blemantung. Penggunaan *battery pack (deep cycle)* dapat memberikan kemudahan dan efisiensi dalam manajemen energi untuk tipe sumber energi air kecil. Selain itu, instalasi peralatan di lokasi wisata dapat memberikan pemandangan tambahan untuk dinikmati oleh wisatawan baik domestik maupun mancanegara. Dalam hal ini pertimbangan seni (artistik) dalam instalasi peralatan kincir hidro energi juga menjadi pertimbangan utama pelaksanaan kegiatan ini. Luaran dalam kegiatan ini adalah unit kincir hidro energi yang telah dipasang di wilayah air terjun blemantung dan pemberdayaan masyarakat dalam merawat dan penggunaan energi dalam lingkup kepariwisataan di Desa Pujungan Tabanan Bali. Dalam kegiatan ini telah dapat dihasilkan kincir air yang dapat berputar rata-rata 550 rpm dan menghasilkan tegangan 17 volts. Pembebanan dengan lampu pen-  
erangan telah diketahui dapat diberikan sampai 25 watts.

**Kata Kunci:** air terjun, Blemantung, kincir hidro, taman energi

**Abstract:** The pandemic that has caused a drastic decline in the economy of tourism stakeholders in Bali. Tourism logistics owners such as hotels, villas, and other supporting facilities are facing difficulties in maintaining their facilities due to high energy consumption, which has become the highest cost component and a problem in various other industries. The partners of this project aim to create accommodation and environmentally friendly technology-based tourism activities (*event tourism*) by utilising and supporting the Blemantung Waterfall tourist attraction. Hydro-energy turbine technology is developed for tourism at Blemantung Waterfall in Pujungan Village, Tabanan, Bali. Water energy in one part of the Blemantung waterfall will be utilised as a source of electrical energy by installing a water turbine, allowing water energy to be converted into electricity. The equipment required for this project includes a water turbine, a permanent magnet generator, and a battery. Additionally, supporting equipment for the installation of the hydro-energy turbine includes channels to collect waterfall water, piping to the nozzle (*penstock*), and an electrical installation system for the battery and the use of electrical energy output. The installation of this hydro-energy turbine is used to provide additional electrical energy for the energy consumption of buildings and tourism logistics at the Blemantung Waterfall. The use of a battery pack (*deep cycle*) can provide ease and efficiency in managing small water energy source energy. Furthermore, the installation of equipment at the tourist site can provide an additional view for domestic and foreign tourists to enjoy. In this regard, artistic considerations in the installation of hydro-energy turbine equipment are also a primary concern for the implementation of this project. The outcome of this project is a hydro-energy turbine unit installed in the Blemantung Waterfall area and the empowerment of the community in maintaining and using energy within the scope of tourism in Pujungan Village, Tabanan, Bali. In this project, a water wheel was successfully produced that can rotate at an average speed of 550 rpm and generate a voltage of 17 volts. It was determined that the load from lighting can be applied up to 25 watts.

**Keywords:** Blemantung, energy park, waterfall, waterwheel

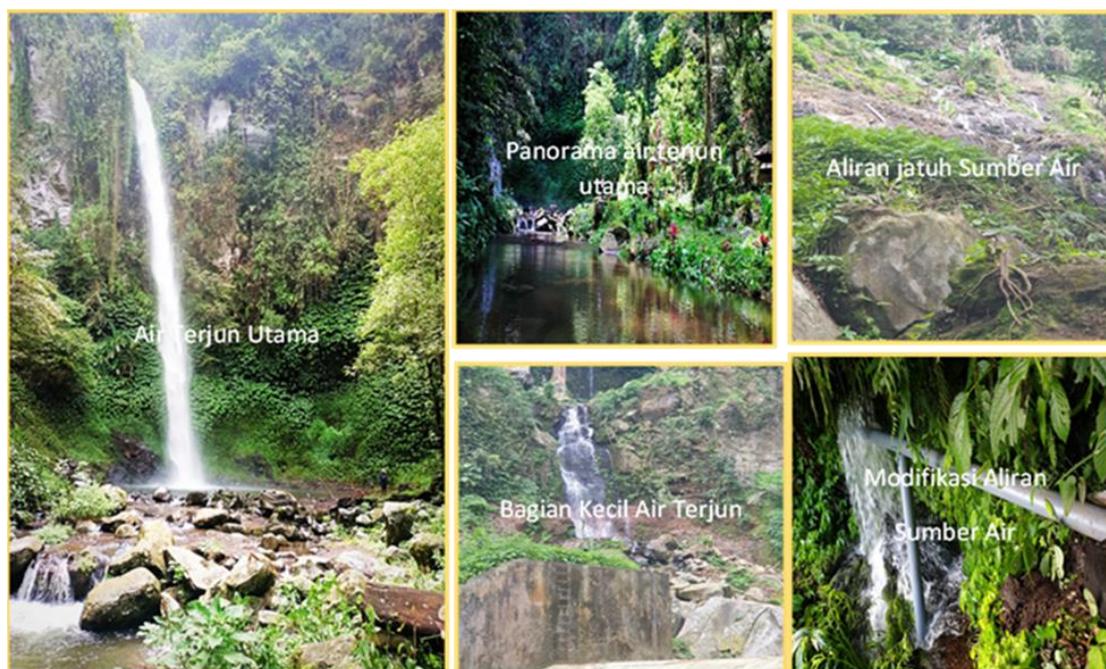
**Informasi Artikel:** Pengajuan 31 Oktober 2023 | Revisi 24 Mei 2024 | Diterima 31 Mei 2024

**How to Cite:** Putra, I D. G. A., Sunu, P. W., Suarta, I M., & Baliarta, I. N. G. (2024). Inovasi Kincir Hidro Energi Untuk Peningkatan Pariwisata Air Terjun Blemantung di Desa Pujungan Pupuan Tabanan-Bali. *Bhakti Persada Jurnal Aplikasi IPTEKS*, 10(1), 28-36.

## Pendahuluan

Mitra kegiatan Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat ini adalah Desa Pujungan Tabanan-Bali merupakan salah satu Desa Binaan Politeknik Negeri Bali yang dikelola oleh Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Dalam usaha mengembangkan potensi masyarakat Desa Pujungan telah dilaksanakan kegiatan-kegiatan pengabdian kepada masyarakat antara lain; perbaikan tracking ke tempat wisata air terjun Blemantung dan peningkatan prasarana pendukung lainnya untuk kenyamanan para wisatawan dalam mengunjungi objek wisata air terjun blemantung. Perbaikan tracking di wilayah air terjun blemantung sudah dilaksanakan kegiatan perbaikan senderan jalan, tangga tracking, dan gerbang masuk tracking ke kawasan air terjun Blemantung (Sudirman et al., 2021). Selain itu dilaksanakan kegiatan perbaikan system instalasi listrik dan penerapan system otomasi dalam system penerangan fasilitas-fasilitas dan prasarana yang ada di objek wisata air terjun blemantung, sehingga hal ini dapat meningkatkan efisiensi dalam penggunaan energi dan perawatan objek wisata air terjun blemantung.

Program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PKM) ini didasari oleh daya pikat Desa Pujungan yang unggul akan daya tarik alam, pertanian serta adat/religi, meningkatkan nilai tambah pariwisata berdaya saing tinggi, yang menjadi karakteristik primer Desa Wisata berbasis budaya. Program pariwisata berbasis masyarakat termasuk diantaranya wisata trekking yang menyusuri keindahan pemandangan sawah terasering, Gunung Batukaru, dan perkebunan kopi. Selain itu, Desa Pujungan memiliki wisata air terjun yang menjadi harta tersembunyi seperti Air terjun Blemantung, Blemantung Wadon/Dedari dan Air terjun Rajapala. Selebihnya untuk wisata religi, Desa Pujungan juga memiliki Pura Siwa yang tersohor dengan latar belakang pemandangan yang sejuk dan juga kerap dikunjungi umat hindu dari dalam dan luar Bali. Akibat keindahan alam desa pujungan ini maka Desa wisata ini mendapat anugerah Trisakti Tourism Award 2021. (Yudha, 2022). Air terjun blemantung terletak di wilayah Desa Pupuan Tabanan Bali. Lokasi air terjun blemantung berada di dekat areal kebun yang dimiliki oleh warga Desa Pupuan. Dalam rangka mengelola air terjun Blemantung masyarakat desa pemilik areal di dekat lokasi air terjun juga sudah membangun beberapa fasilitas villa sebagai tempat berlibur/bermalam, dan juga areal camping untuk dapat meningkatkan daya tarik wisatawan pada air terjun blemantung.



**Gambar 1.** Panorama beberapa bagian air terjun blemantung

## Metode

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang sudah dilaksanakan dapat diketahui potensi air terjun diklasifikasikan sebagai sumber air yang memiliki head dan debit rendah sehingga energi listrik yang dihasilkan dalam kategori sumber energi listrik kecil. Tekanan head yang efektif dihitung berdasarkan kontur di areal air terjun adalah sekitar 30 m sedangkan debit maksimum juga terukur sekitar 0,5 -1 m<sup>3</sup>/s. Kondisi secara teknis ini mempengaruhi pemilihan jenis generator yang akan digunakan sebagai pembangkit energi listrik. Generator untuk mengkonversikan

mekanis kincir air yang tersedia dipasaran saat ini sudah cukup variatif. Klasifikasi generator dengan output energi dari 0,1 – 5 KW dapat difungsikan dalam membangkitkan energi yang tersedia dari air terjun blemantung.

Energi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap besarnya biaya perawatan fasilitas dan gedung- gedung kepariwisataan khususnya dalam kondisi pandemi ini. Penurunan income yang terjadi karen penurunan wisatawan yang berkunjung menyebabkan pemilik fasilitas dan Gedung kepariwisataan kesulitan dalam memenuhi biaya energi dan perawatannya. Sejalan dengan kondisi tersebut Pemerintah Provinsi Bali juga sudah memberikan kebijakan dalam penggunaan energi terbarukan untuk dapat mengurangi biaya energi yang digunakan untuk perawatan.(Bali Energi Bersih, 2019) Pemanfaatan energi air terjun diatur dalam Pasal 8 Pergub no 45 tahun 2019 tentang Bali energi bersih. Walaupun kebijakan ini sudah dijalankan akan tetapi respon masyarakat di industri kepariwisataan maupun industry lainnya, masih lambat dalam mengimplementasikannya. Hal ini dipengaruhi oleh pertimbangan biaya investasi dan perawatan yang harus dikeluarkan oleh para pemilik gedung maupun fasilitas-fasilitas industri lainnya.



**Gambar 2.** Diskusi terfokus dalam pengabdian Jurusan Teknik Mesin

Aplikasi kincir air adalah dengan meningkatkan kecepatan aliran air melalui nozzle, sehingga dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi energi air(Du et al., 2020)(Haidar et al., 2012). Berbeda dengan model turbin aksial dan *hydrokinetic*, kecepatan aliran air disebabkan oleh draft tube pada konstruksi instalasinya (Nedelcu et al., 2021)(Niebuhr et al., 2019). Walaupun demikian konstruksi desain kincir air ini dapat mengurangi gesekan pada putaran turbin yang disebabkan oleh viskositas air. Momentum air yang terjadi dapat dikonversikan secara efisien menjadi putaran mekanis dibandingkan turbin yang bekerja secara aksial.

Pembuatan Kincir Hidro Energi (KHE) adalah untuk dapat mengkonversikan energi air menjadi energi listrik untuk kondisi head dan debit yang sesuai dengan kondisi Air Terjun Blemantung. Potensi energi air yang memiliki tekanan *head* dan debit rendah juga dilakukan studi dalam aplikasinya untuk *open channel system* irigasi pertanian. (Bangse, K & Agustriputa, M. E. A, 2021) Dari kegiatan tersebut telah diketahui bahwa ekstraksi energi air lebih efisien jika aliran air dapat ditingkatkan sehingga dapat meningkatkan kecepatan putar dari kincir air.(Munson et al., 1994) Pengembangan air terjun blemantung sudah dilaksanakan kegiatan bersama mitra antara lain; peningkatan fasilitas penerangan dan system otomasi beberapa komponen kelistrikan dan perbaikan fasilitas jalan di areal air terjun, serta modifikasi sumber air terjun untuk meningkatkan debit aliran air dan menambah keindahan taman yang dibangun oleh mitra.(Sudirman et al., 2021) Mitra berharap untuk dapat merealisasikan kegiatan pengembangan sebuah taman energi yang dapat meningkat daya tarik wisatawan. Selain itu, energi yang dihasilkan akan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk fasilitas akomodasi yang sudah dimiliki dan juga pengembangannya untuk fasilitas lain seperti, pemandian dan kolam air panas serta otomasi *system control* untuk utilitasnya.

Kegiatan dalam program kemitraan dengan Desa Pupuan dan air terjun blemantung sebagai objek dari kegiatan saat ini adalah untuk meningkatkan fasilitas yang ada dengan mengembangkan system otomasi penggunaan energi listrik dan memodifikasi air terjun yang merupakan bagian-bagian kecil dari air terjun blemantung tersebut. Penerapan teknologi Kincir Air ini menyebabkan perubahan areal yang difungsikan untuk tata letak teknologi ini. Akan tetapi, hal ini juga dapat mengganggu konservasi lingkungan di areal air terjun blemantung. Pemanfaatan di salah satu bagian sumber air terjun yang tersedia dapat mengurangi dampak terhadap daya tarik atau keindahan alam di Air Terjun Blemantung menjadi solusi untuk pelaksanaan program ini.

Permasalahan- permasalahan yang dihadapi oleh mitra adalah terkait dengan pengembangan Air Terjun Blemantung dan inovasi untuk meningkatkan daya tarik wisata untuk mengunjungi objek wisata air terjun blemantung

ini. Pengembangan objek wisata air terjun Blemantung adalah dalam upaya untuk memanfaatkan energi air yang tersedia menjadi energi listrik. sehingga bisa digunakan untuk mengurangi beban energi untuk perawatan areal maupun fungsi lainnya secara kepariwisataan. Adapun tujuan dari program ini adalah untuk menerapkan Teknologi Kincir Air Hidro Energi dalam pengembangan Taman Energi di Air terjun Blemantung. Pelaksanaan kegiatan ini akan membutuhkan sebuah kincir air, generator pembangkit listrik, dan *battery pack* sebagai unit penyimpanan dan manajemen energi (*deep cycle*).

Biaya energi listrik semakin hari semakin naik harganya per unit KWH. Permen ESDM no 28 tahun 2016 mengenai Tarif tenaga listrik yang disediakan oleh PT PLN persero ditetapkan klasifikasi konsumsi energi oleh masyarakat dan industry (ESDM, 2016). Harga per unit Kwh berdasarkan tariff adjustment PT PLN persero untuk tarif golongan daya 1300 VA adalah Rp. 1444,70/Kwh. Penggunaan energi listrik dalam berbagai peralatan yang digunakan untuk perawatan fasilitas yang ada tentunya bisa menjadi beban yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sumber energi listrik skala kecil (<100 watts). Manajemen energi dan penyimpanan energi listrik dapat menjadi solusi untuk memaksimalkan penggunaan sumber energi yang dihasilkan sumber energi Kincir Air. Kegiatan monitoring dan pengawasan yang ketat bersama Mitra diharapkan dapat mengurangi dampak negatif yang terjadi pada areal air terjun blemantung. Dalam usaha ini mitra juga menyertakan dana untuk membantu pelaksanaan monitoring dan juga mendatangkan beberapa ahli untuk memantau dan menyelenggarakan diskusi bersama mitra. Proyek ini juga bertujuan untuk menambah nilai estetika disamping faktor-faktor teknis dalam pembuatan Kincir Hidro Energi (KHE). Konsumsi energi adalah permasalahan perawatan dalam sebuah gedung atau fasilitas industrial lainnya. Komponen-komponen kelistrikan membutuhkan daya listrik antara lain; komponen untuk penerangan seperti lampu, komponen pendingin ruangan dll, hal ini sangat membutuhkan manajemen energi untuk dapat memaksimalkan penggunaan energi terbarukan. Peningkatan penggunaan energi terbarukan dan manajemen energi kelistrikan dapat dijadikan indikator kinerja dalam kegiatan ini. Penggunaan energi terbarukan semakin meningkat menyebabkan peningkatan dampak secara ekonomi dimana biaya energi akan semakin rendah.

## Hasil dan Pembahasan

Penerapan teknologi KHE di air terjun blemantung dilaksanakan beberapa kegiatan untuk memberikan solusi dari permasalahan mitra dalam melakukan inovasi penerapan PLTA Pico Hydro di objek wisata air terjun Blemantung. Adapun kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan antara lain;

### 1. Pembuatan Kincir air (*runner*) dan Saluran Air.

Pembuatan KHE dalam Gambar 3 meliputi beberapa kegiatan yaitu: pembuatan kincir air sebagai runner dari KHE tersebut, dan pengadaan beberapa komponen yang dibutuhkan untuk instalasi unit PLTA antara lain; Permanen magnet generator dengan type brushless. Material kincir yang digunakan adalah berbasis material polymerisasi PVC dalam proses pengujian skala laboratorium yang sudah dilakukan (Bangse, K & Agustriputa, M. E. A, 2021). Material PVC memiliki ketahanan korosi yang tinggi dan juga kekuatan dalam mengkonversi energi air dalam skala kecil (< 1KW). Proses manufaktur dan assembly kincir akan lebih mudah menggunakan material PVC ini. Jika proses verifikasi dan validasi geometri desain kincir ini sudah optimal maka pengembangan kincir pelton ini dapat digunakan material komposit berbasis resin. Teknik molding resin dapat dikembangkan untuk mengembangkan kincir dalam komersialisasinya



**Gambar 3.** Kincir Air Hidro Energi

Pada gambar 4a dapat dilihat mitra yang terlibat dalam pemasangan kincir hidro energi di air terjun blemantung. Unit pembangkit energi listrik (generator) yang dipilih dalam pelaksanaan program ini adalah type generator permanent magnet yang bekerja pada putaran rendah (*low rpm*). Unit generator permanent magnet ditentukan memiliki putaran efektif di antara 500 -1500 rpm. (Zhang et al., 2021)(Gil-González et al., 2020) Output power yang bisa dihasilkan adalah maksimum 0,75 KW. Sistem instalasi generator ke komponen penggerak kincir (*runner*) adalah disambung secara langsung ke poros kincir (*Direct Drive*) (Rao et al., 2016) . Generator Self Excitation Induction Generator (SEIG) adalah salah satu jenis generator yang dapat diaplikasikan pada unit pembangkit energi listrik dan juga dipilih dari rentang spesifikasi yang sesuai dengan potensi energi listrik dalam , untuk merujuk ke unit PLTA dalam klasifikasi lebih rendah dari piko hydro. Pemilihan SIEG berdasarkan pertimbangan kemudahan control yang dapat diberikan untuk kestabilan output power dari unit PLTA ini. Hal ini akan lebih sulit dilakukan jika menggunakan jenis generator PMSG, akan tetapi PMSG juga dapat memberikan density energi yang lebih baik jika dioperasikan pada putaran dan torsi yang sama.(Hughes & Drury, 2013).

Gambar 4b menunjukkan PMSG yang memiliki keluaran arus AC 3 phase, sehingga penerapan komponen ini akan membutuhkan rangkaian penyearah (*rectifier*) untuk aplikasi sumber energi yang berbasis DC microgrid dan siklus penyimpanan baterai (*Deep Cycle*). (Haidar et al., 2012) PMSG yang tersedia pada umumnya memiliki kuantitas output power dibawah 5 KVA. Gambar 4 menunjukkan PMSG dengan daya rata-rata 300 watts pada putaran 900 rpm. Semenjak perkembangan dan penemuan material magnet yang semakin hari dapat meningkatkan fluks magnetik yang dihasilkan menyebabkan PMSG semakin ringan dan kecil.(Wei et al., 2020)(Manias, 2017)(Capehart et al., 2020) Hal inilah yang menyebabkan aplikasi PMSG pada unit pembangkit pico hydro juga semakin meningkat.(Zhang et al., 2021)(Naik et al., 2021). Material magnet neodmium banyak dipakai, karena performansinya dalam menghasilkan fluks magnet yang lebih tinggi dan berat spesifik yang lebih ringan. Beberapa kajian telah menunjukkan perbandingan unjuk kerja beberapa prinsip desain dari beberapa jenis generator, telah diketahui bahwa PMSG memiliki daya output dengan *density* yang lebih baik daripada SEIG, serta pada kondisi putaran yang lebih rendah (Wei et al., 2020)(Wilamowski & Irwin, 2016).



(a)

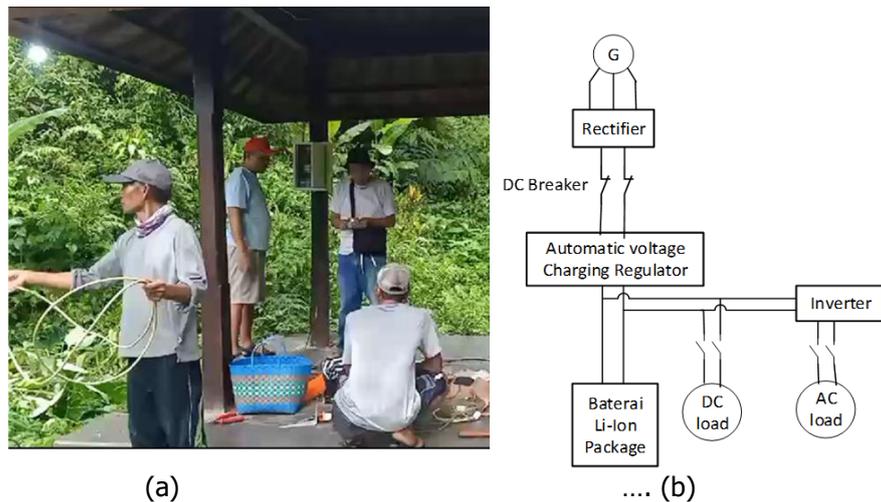


.... (b)

**Gambar 4.** Pemasangan Kincir Air (a);Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) type Brushless

## 2. Pembuatan sistem kontrol kelistrikan.

System control kelistrikan dibuat untuk pengendali aliran listrik ke baterai yang digunakan. PMSG digunakan dalam mengkonversi energi mekanis/putaran yang terjadi menjadi daya listrik.(Manias, 2017)(Wilamowski & Irwin, 2016). Aplikasinya untuk fungsi yang lain adalah untuk komponen dalam ekstraksi energi angin. Komponen PMG ini menggunakan permanent magnet untuk menghasilkan energi Listrik dalam aliran 3 Phase. Dalam kegiatan Instalasi system (Gambar 5a) kontrol dan juga perbaikan instalasi kelistrikan adalah kegiatan instalasi komponen-komponen kelistrikan sebagai kontrol arus dan daya dari sumber/generator ke beban kelistrikan baik beban DC maupun AC. Komponen yang berperan dalam mengontrol daya kelistrikan meliputi automatic voltage regulator charging dan Inverter untuk merubah tegangan DC ke AC.

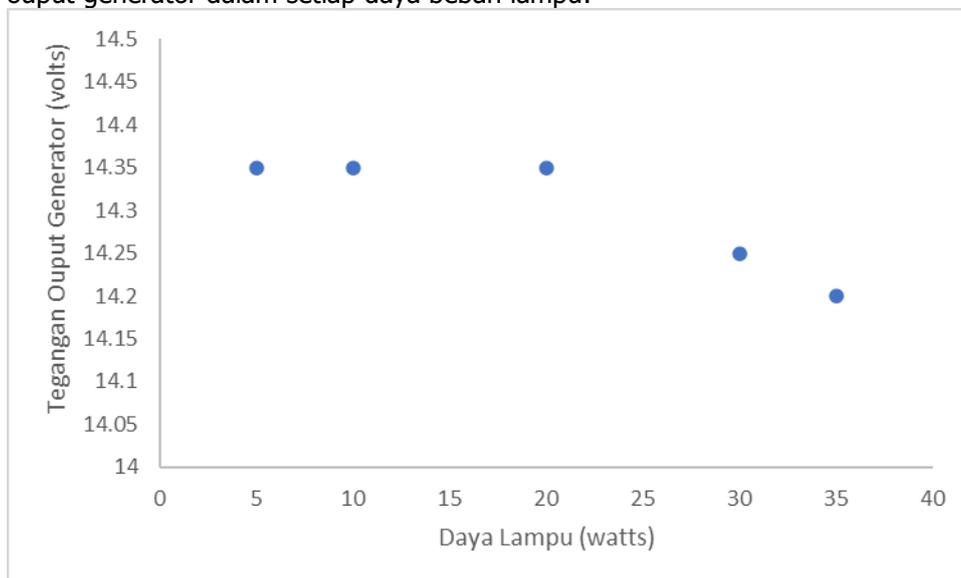


**Gambar 5.** Instalasi kelistrikan (a);Skema sistem kelistrikan KHE (b)

*Automatic Voltage Regulator Charging* adalah unit yang mengatur tegangan charging ke baterai. Peralatan ini bekerja secara otomatis untuk menaikkan atau menurunkan tegangan untuk bisa di charge ke baterai yang digunakan. (Gil-González et al., 2020)(Nurdin et al., 2018). Pada system solar PV peralatan ini dikenal dengan istilah sebagai Charging Controller dan dapat dilihat detail skema system kelistrikan KHE pada Gambar 4b. Unit Kontroler ini tersedia dalam berbagai rentang pengaturan tegangan operasi atau tegangan sumber untuk tegangan charging baterai yang bisa disesuaikan juga. Dalam kegiatan ini unit kontrol charging yang digunakan adalah unit yang biasa digunakan untuk type permanent magnet generator

3. Pengujian Kinerja Kincir air (*commissioning test*).

Setelah proses pemasangan kincir dan instalasi kelistrikan sudah dilaksanakan, pengujian kinerja KHE dapat dilakukan dengan menggunakan pembebanan 6 buah lampu DC 5 Watts. Pada setiap pembebanan lampu maka akan diukur perubahan tegangan yang terjadi pada keluaran generator. Perubahan daya beban lampu akan menghasilkan perubahan tegangan output generator. Dalam Gambar 6 dapat dilihat Grafik perubahan tegangan ouput generator dalam setiap daya beban lampu.



**Gambar 6.** Hasil pengujian perubahan tegangan dalam variasi beban lampu

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa tegangan ouputs generator dapat stabil sampai pembebanan maksimum 25 watts. Pada daya lampu yang lebih tinggi dapat dilihat terjadi penurunan tegangan pada system kelistrikan KHE. Walaupun pembebanan yang lebih besar masih memungkinkan akan tetapi tegangan charging baterai yang semakin menurun menyebabkan pengurangan fungsi aki (*deep cycle*) yang digunakan

4. Monitoring dan Pengawasan.

Kegiatan monitoring dan pengawasan yang ketat bersama Mitra diharapkan dapat mengurangi dampak negatif yang terjadi pada areal air terjun blemantung. Dalam usaha ini mitra juga menyertakan dana untuk membantu pelaksanaan monitoring dan juga mendatangkan beberapa ahli untuk memantau dan menyelenggarakan FGD.

Hal ini bertujuan untuk menambah nilai estetika disamping faktor-faktor teknis dalam pembuatan kincir air hidro energi. Konsumsi energi adalah permasalahan perawatan dalam sebuah gedung atau fasilitas industrial lainnya. Komponen-komponen kelistrikan membutuhkan daya listrik antara lain; komponen untuk penerangan seperti lampu, komponen pendingin ruangan dll, hal ini sangat membutuhkan manajemen energi untuk dapat memaksimalkan penggunaan energi terbarukan. Peningkatan penggunaan energi terbarukan dan manajemen energi kelistrikan dapat dijadikan indikator kinerja dalam kegiatan ini. Penggunaan energi terbarukan semakin meningkat menyebabkan peningkatan dampak secara ekonomi dimana biaya energi akan semakin rendah.

Taman Hidro Energi adalah fasilitas yang dirancang untuk menghasilkan energi listrik dari aliran air dari air terjun blemantung dengan menggunakan teknologi KHE. Keterkaitan antara Taman Hidro Energi dan objek wisata air terjun adalah untuk meningkatkan kunjungan wisata sehingga dapat memberikan dampak positif, antara lain;

1. Pengalaman Edukasi: Taman Hidro Energi dapat digunakan sebagai alat pendidikan untuk menginformasikan pengunjung tentang energi terbarukan dan proses pembangkitan listrik. Hal ini bisa meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya sumber energi terbarukan dan lingkungan.
2. Wisata Petualangan: Pengunjung dapat memiliki pengalaman yang lebih menarik dengan mengunjungi air terjun yang juga memiliki Taman Hidro Energi. Mereka dapat melihat instalasi, proses pembangkitan listrik, dan bahkan berpartisipasi dalam tur yang melibatkan edukasi energi.
3. Potensi Atraksi Ganda: Dengan menggabungkan objek wisata air terjun yang sudah populer dengan Taman Hidro Energi, daerah tersebut memiliki potensi untuk menarik lebih banyak wisatawan. Wisatawan dapat menikmati keindahan alam air terjun dan sekaligus belajar tentang energi terbarukan.
4. Pendapatan Tambahan: Pembangunan Taman Hidro Energi di sekitar air terjun dapat menciptakan peluang ekonomi tambahan untuk komunitas setempat. Ini bisa melibatkan pekerjaan konstruksi, operasi, dan perawatan fasilitas energi.
5. Kebijakan Lingkungan yang Baik: Integrasi antara wisata air terjun dan Taman Hidro Energi dapat mendukung kebijakan lingkungan yang baik. Dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada untuk pembangkitan energi, daerah tersebut dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.

Namun, penting untuk memastikan bahwa pengembangan Taman Hidro Energi ini dilakukan dengan memperhatikan dampak lingkungan yang mungkin terjadi dan juga melibatkan peranan masyarakat Desa Pujungan. Upaya pelestarian alam dan budaya serta menjaga keindahan air terjun harus menjadi prioritas dalam pengembangan ini. Untuk memastikan keberlanjutan dan efisiensi proyek taman hidro energi pada objek wisata air terjun blemantung, beberapa faktor penting perlu dipertimbangkan;

1. Pemilihan Lokasi yang Tepat: Lokasi objek wisata dan air terjun harus dipilih dengan bijak. Lokasi ini harus memiliki aliran air yang konsisten dan berkelanjutan sepanjang tahun untuk memastikan produksi energi yang stabil. Selain itu, mempertimbangkan dampak lingkungan seperti perlindungan keanekaragaman hayati dan pelestarian alam sekitar penting.
2. Pengelolaan Lingkungan yang Baik: Meminimalkan dampak lingkungan adalah kunci untuk menjaga keberlanjutan. Ini termasuk pelestarian alam, meminimalkan deforestasi, menjaga kualitas air, dan memastikan bahwa proyek ini tidak merusak ekosistem alam di sekitar air terjun.
- 2 Partisipasi Komunitas Lokal: Melibatkan komunitas setempat dalam perencanaan, pembangunan, dan operasi proyek taman hidro energi sangat penting. Ini membantu memastikan manfaat ekonomi yang lebih besar untuk komunitas setempat dan membangun dukungan untuk proyek tersebut.
- 3 Konservasi Energi: Mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi pemborosan adalah langkah penting untuk meningkatkan efisiensi. Ini dapat mencakup penggunaan teknologi canggih untuk mengatur aliran air sesuai kebutuhan dan penyimpanan energi saat produksi berlebih.
- 4 Teknologi Terbaru: Menggunakan teknologi terbaru dalam desain dan operasi taman hidro energi dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Ini termasuk penggunaan turbin air yang efisien, generator modern, dan sistem kontrol yang cerdas.
- 5 Perawatan dan Pemeliharaan Rutin: Proyek taman hidro energi memerlukan pemeliharaan yang teratur untuk memastikan operasional yang efisien. Ini mencakup pemeriksaan, perbaikan, dan perawatan peralatan secara berkala.
- 6 Kegiatan Pendidikan dan Pariwisata: Mengintegrasikan program pendidikan dan wisata yang berfokus pada energi terbarukan dan pelestarian lingkungan dalam taman hidro energi dapat meningkatkan pemahaman masyarakat dan meningkatkan keberlanjutan.
- 7 Perizinan dan Regulasi yang Ketat: Penting untuk mematuhi semua perizinan dan regulasi yang berlaku dalam proyek ini untuk memastikan bahwa proyek beroperasi sesuai standar yang ditetapkan oleh otoritas pemerintah.
- 8 Evaluasi dan Perbaikan Berkelanjutan: Proses evaluasi terus-menerus terhadap kinerja taman hidro energi dan dampaknya terhadap lingkungan dan komunitas penting untuk mengidentifikasi masalah dan peluang perbaikan.

9. Kemitraan dengan Organisasi Lingkungan: Bermitra dengan organisasi lingkungan non-pemerintah atau lembaga konservasi dapat membantu memonitor dan memastikan keberlanjutan proyek.

## Simpulan

Energi terbarukan yang dapat dihasilkan oleh KHE di Air terjun Blemantung dapat dimanfaatkan untuk fungsi penerangan dan juga fungsi lainnya bagi wisatawan yang datang. Walaupun daya output yang dihasilkan masih rendah (rata-rata 25 watts kontinu), akan tetapi itu dapat dimanfaatkan untuk fungsi kepariwisataan di air terjun blemantung.

Keberlanjutan dan efisiensi adalah aspek penting dalam penerapan KHE di objek wisata air terjun blemantung. Dengan perencanaan yang hati-hati dan fokus pada pelestarian lingkungan, penghematan energi, serta manfaat bagi komunitas lokal, proyek ini dapat menjadi sumber energi terbarukan yang berkelanjutan sambil mendukung sektor pariwisata. Penting untuk memastikan bahwa pengembangan KHE dalam sebuah Taman Hidro Energi dilakukan dengan memperhatikan dampak lingkungan yang mungkin terjadi dan melibatkan masyarakat Desa Pujungan dalam upaya pelestarian alam dan budaya, serta menjaga keindahan air terjun harus menjadi prioritas dalam pengembangan ini.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas bantuan dana berdasarkan hibah PKM tahun 2023 dengan No. SP DIPA: 162/SPK/D.D4/PPK.01.APTV/VI/2023 dan juga mitra masyarakat di Desa Pujungan.

## Referensi

- Bali Energi Bersih. (2019). *Peraturan Gubernur Bali Nomor 45*.
- Bangse, K & Agustriputa, M. E. A. (2021). *Studi Eksperimental Peningkatan Unjuk Kerja Kincir Air Untuk Aliran Air Irigasi Terbuka (Open Channel)*.
- Capehart, B. L., Kennedy, W. J., & Turner, W. C. (2020). *Electric Motors and Drives. Guide to Energy Management*. <https://doi.org/10.1201/9781003152002-7>.
- Du, J., Shen, Z., & Yang, H. (2020). Study on the effects of runner geometries on the performance of inline cross-flow turbine used in water pipelines. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, (40). <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100762>.
- ESDM. (2016). *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 09 tahun 2016*. *Esdm*, (879), 2004–2006.
- Gil-González, W., Montoya, O. D., & Garcés, A. (2020). Modeling and control of a small hydro-power plant for a DC microgrid. *Electric Power Systems Research*, (180). <https://doi.org/10.1016/j.epr.2019.106104>
- Haidar, A. M. A., Senan, M. F. M., Noman, A., & Radman, T. (2012). Utilization of pico hydro generation in domestic and commercial loads. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 518–524. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.017>
- Hughes, A., & Drury, B. (2013). Synchronous and Brushless Permanent Magnet Machines and Drives. *Electric Motors and Drives*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-098332-5.00009-7>
- Manias, S. N. (2017). Introduction to Motor Drive Systems. *Power Electronics and Motor Drive Systems*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811798-9.00012-3>
- Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (1994). *Fundamentals of fluid mechanics*. <https://doi.org/10.1201/b11709-7>
- Naik, K. R., Rajpathak, B., Mitra, A., & Kolhe, M. L. (2021). Assessment of energy management technique for achieving the sustainable voltage level during grid outage of hydro generator interfaced DC Micro-Grid. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101231>
- Nedelcu, D., Cojocaru, V., & Avasiloaie, R. C. (2021). Numerical investigation of Nozzle jet flow in a pelton microturbine. *Machines*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/machines9080158>
- Niebuhr, C. M., van Dijk, M., Neary, V. S., & Bhagwan, J. N. (2019). A review of hydrokinetic turbines and enhancement techniques for canal installations: Technology, applicability and potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, 109240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.047>
- Nurdin, A., Azis, A., & Rozal, R. A. (2018). Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan

- Generator Sinkron. *Jurnal Ampere*, 3(1), 163. <https://doi.org/10.31851/ampere.v3i1.2144>
- Rao, Y. T., Basak, S., Chakraborty, C., & Gupta, S. Sen. (2016). Brushless induction synchronous generator. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 2016-Novem(ii), 147–152. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2016.7744881>
- Standar Nasional Indonesia. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011). *DirJen Ketenagalistrikan*, 1–133.
- Sudirman, S., Baliarta, I. N. G., Suarta, M., & Arsana, M. E. (2021). Peningkatan Fasilitas Pendukung Obyek Wisata Air Terjun Tibu Blemantung Desa Pujungan, Pupuan, Tabanan. *Bhakti Persada*, 7(1), 40–46. <https://doi.org/10.31940/bp.v7i1.2087>
- Wei, L., Nakamura, T., & Imai, K. (2020). Development and optimization of low-speed and high-efficiency permanent magnet generator for micro hydro-electrical generation system. *Renewable Energy*, 147, 1653–1662. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.049>
- Wilamowski, B. M., & Irwin, J. D. (2016). Power electronics and motor drives. *Power Electronics and Motor Drives*. <https://doi.org/10.1201/b11657-2>
- Yudha, P. (2022). Desa Pujungan-Tabanan raih “Trisakti Tourism Award 2021.” *Bali Antara*. <https://bali.antaranews.com/berita/249554/desa-pujungan-tabanan-raih-trisakti-tourism-award-2021>
- Zhang, W., Dai, L., Xiang, Z., Wu, Q., Huang, S., & Gao, J. (2021). Optimal design of hydro permanent magnet synchronous generators for improving annual cycle efficiency. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 131, 107096. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107096>