

Pengembangan Prototipe PLTPH Untuk Efisiensi Energi Penerangan Jalan Di Desa Ngisong Kota Batu

Aripriharta*)¹, Muhammad Yusril Fazi ¹, Muhammad Cahyo Bagaskoro¹ , Revalina Nazilatun Nikmah¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang, Indonesia

*Corresponding Author: aripriharta.ft@um.ac.id

Received 2023-12-29; Revised 2024-03-25; Accepted 2024-05-17

Abstract

Available natural resources are limited while the demand for electrical energy continues to increase. Currently, most electricity is generated from non-renewable coal-fired power plants. So, switching to sustainable renewable energy sources is the right solution. The purpose of this research is to design a small-scale Pico-Hydro Power Plant (PLTPH) as an alternative that can meet electricity needs in rural areas, especially for street lighting. By utilizing the potential of local water energy, this research uses an approach consisting of the design, production, testing, and implementation stages of a small-scale PLTPH prototype. This approach is applied systematically to achieve the research objectives. The prototype produces 80 watts of electricity for lights in Ngisong Hamlet by utilizing water energy through turbines and generators. The prototype produces a current of 0.12A and a voltage of 230-244V. In addition to supplying electricity, the prototype is environmentally friendly. The application of PLTPH is expected to help the village achieve effective and sustainable energy.

Keywords: Tanaga terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga PicoHydro (PLTPH), Lampu Penerangan Jalan, Turbin

1. Introduction

Kritis listrik yang sedang berlangsung di Indonesia terkait dengan ketidakmampuan perusahaan listrik negara (PLN) untuk memenuhi keperluan listrik di seluruh Indonesia. Sebenarnya krisis listrik ini sudah diprediksi oleh beberapa pakar energi Indonesia pada lima tahun lalu [1]. Saat ini, perusahaan listrik milik negara (PLN) mengalami pemadaman rutin, dan dalam situasi seperti ini akan diperkirakan terus berlanjut di masa yang akan datang [2]. Program baru yang akan memenuhi permintaan listrik dengan meningkatkan pembuatan energi sekaligus memfasilitasi distribusi listrik di seluruh negeri. Sumber yang cocok untuk aplikasi di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH) [3]. Sumber daya alam Indonesia yang sangat cocok untuk pembangkit listrik adalah sumber energi air, Indonesia memiliki banyak kekayaan hutan dan sungai [4]. Penggunaan listrik masih belum terjangkau di berbagai bidang, seperti kebutuhan rumah tangga, industri, perkantoran, tempat-tempat wisata hingga penerangan jalan [5]. Kebutuhan listrik tidak selamanya dapat terjangkau oleh PLN dikarenakan keterbatasan PLN dalam memberikan subsidi listrik karena beberapa factor seperti jarak dari desa ke tempat pemukiman, keterbatasan topografi atau alternatif lain, jalan yang sulit untuk dilalui sehingga dapat menyebabkan ketersediaan listrik di tempat-tempat wisata atau perumahan itu masih sangatlah minim [6].

Di Dusun Ngesong Kota batu tempat saya melakukan penelitian terutama di tempat wisatanya masih belum tersedia aliran listrik oleh PLN, masyarakat Dusun Ngisong mengharapkan lampu penerangan jalan untuk menuju ke tempat wisata yang masih gelap di malam harinya karena belum tersedia Lampu Penerangan Jalan (LPJ).

Dengan adanya lampu penerangan jalan pada Dusun tersebut dapat membantu aktivitas masyarakat pada malam hari dan juga dapat memberi penerangan untuk wisatawan yang camping pada malam hari [7]. Untuk mengatasi hal tersebut saya dan teman-teman melakukan penelitian di tempat tersebut dimana Dusun Ngisong Kota Batu memiliki aliran mata air yang cukup deras, dengan adanya mata air ini para peneliti merencanakan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Pico-hydro, pembangkit ini memanfaatkan energi yang berada di keadaan sekitarnya [8].

Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro

PLTPH, atau Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro, adalah infrastruktur pembangkit listrik yang beroperasi dalam skala kecil, dengan kapasitas yang biasanya kurang dari 5 kW, menggunakan energi air sebagai sumber utamanya [9]. Jenis pembangkit ini tergolong sebagai pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas maksimum 5 kW, memanfaatkan ketinggian air minimal 20 meter (sebagai syarat untuk turbin peleton) seperti yang disebutkan oleh Maher dan Smith pada tahun 2001 [10]. Dilihat dari aspek ekonomi, biaya operasional dan pemeliharaan PLTPH cenderung lebih terjangkau, namun tantangannya mungkin terletak pada kemampuannya untuk bersaing dalam hal pendanaan dengan jenis pembangkit lain. Secara sosial, PLTPH umumnya diterima dengan baik oleh masyarakat umum.

Meskipun istilah "*pico-hydro*" hanya merupakan sebutan, sebenarnya mengacu pada infrastruktur yang memanfaatkan air sebagai sumber energi [11]. Perlu dipahami bahwa perbedaan antara mikrohidro dan picrohidro terletak pada kapasitas daya yang dihasilkan. Mikrohidro menghasilkan daya kurang dari 100 kW, sementara picrohidro menghasilkan daya antara 1 kW hingga 5 kW. Jika kapasitas daya melebihi 5000 kW, itu lebih cenderung dianggap sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Tabel 1. Klasifikasi Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Air

Tipe	Kapasitas
Pico-hydro	<5kw
Mico-hydro	5Kw-100Kw
Mini-hydro	100 Kw<daya<1 MW
Small-hydro	1-15 MW
Medium-hydro	15-100 MW
Large-hydro	>100 MW

Tabel 2. Klasifikasi Berdasarkan Ketinggian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air

Tipe	Ketinggian
<i>Head</i> rendah	2 – 30 m
<i>Head</i> menengah	30 – 100 m
<i>Head</i> tinggi	>100 m

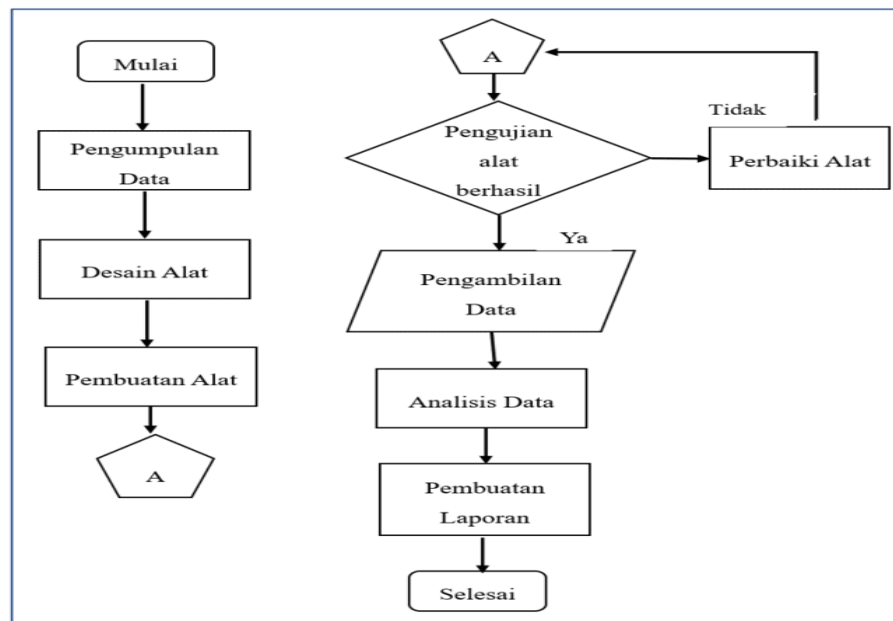
Turbin Kaplan

Turbin Kaplan, yang menggunakan air sebagai media kerja, didesain untuk memanfaatkan secara optimal energi air yang tersedia [12]. Prinsip kerjanya terfokus pada bagian utamanya, yaitu roda yang berfungsi untuk menggerakkan generator. Secara teknis, turbin ini masuk dalam kategori turbin air dengan jenis baling-baling yang dilengkapi dengan bilah atau sirip yang dapat diatur pada turbin reaktif. Saat air masuk ke dalam grid dengan tekanan, aliran air diarahkan ke sudut-sudut yang ada. Ketika kapasitas air meningkat, turbin secara otomatis menyesuaikan luas penampangnya untuk optimal menghadapi volume air yang lebih besar. Di samping fungsi saluran tempat aliran air, kecepatan rotasi turbin dapat diatur untuk meningkatkan kinerjanya. Seiring peningkatan kecepatan spesifik, struktur kelengkungan, jumlah bilah, dan arus

air pada bilah turbin mengalami penyesuaian. Dalam situasi ini, perubahan kecepatan dan arus air berperan penting dalam menentukan efisiensi turbin. Sementara kecepatan spesifik meningkat, ini mengakibatkan penyesuaian bentuk bilah, pengurangan jumlah bilah, dan penyesuaian arus air pada bilah turbin, mengoptimalkan kinerja turbin sebagaimana dipaparkan oleh Saptro dan Obed Aris pada tahun 2018 [13].

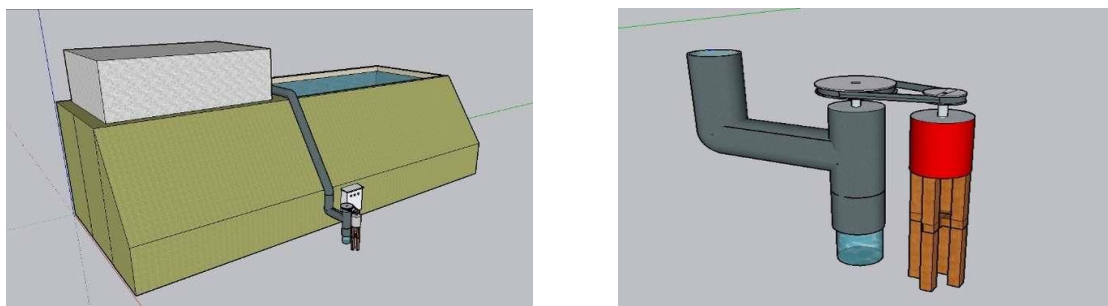
2. Material and methods

Garis besar gambaran penelitian akan dilaksanakan seperti *flowchart* penelitian. Gambaran aliran penelitian akan memberikan garis besar langkah-langkah penting yang akan dilakukan selama proses penelitian. Dengan mengikuti diagram *flowchart* penelitian, peneliti dapat memastikan bahwa penelitian mereka teratur, jelas, dan akurat seperti pada gambar 1 :



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Perancangan Prototipe PLTPH

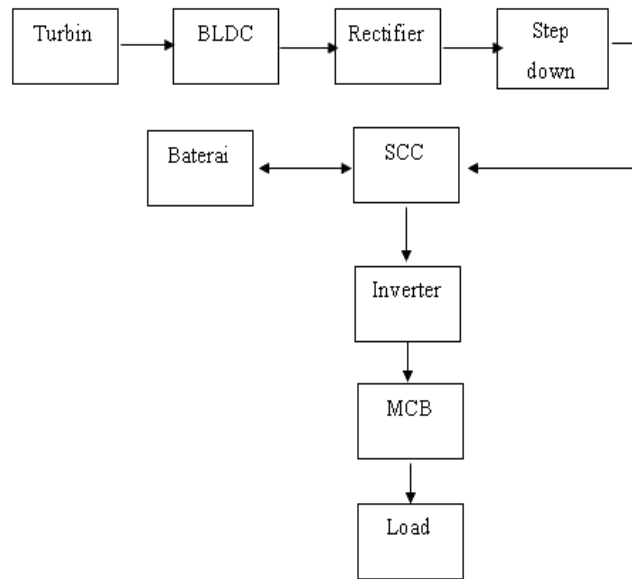


Gambar 2. Rancangan Prototipe Alat PLTPH

Proses Pembuatan

Setelah melakukan desain penulis akan melakukan proses pembuatan proses pembuatan ini terdiri dari 4 tahapan yaitu proses pemotongan, proses pengelasan, perakitan elektrik dan *finishing*, dan proses pengujian.

Diagram Alir Proses Alat



Gambar 4. Diagram Alir Proses Alat

Diagram Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melengkapi data dari variabel berikut :

1. Rpm
2. Pengujian arus
3. Pengujian beban
4. Grafik arus terhadap beban
5. Grafik tegangan terhadap beban

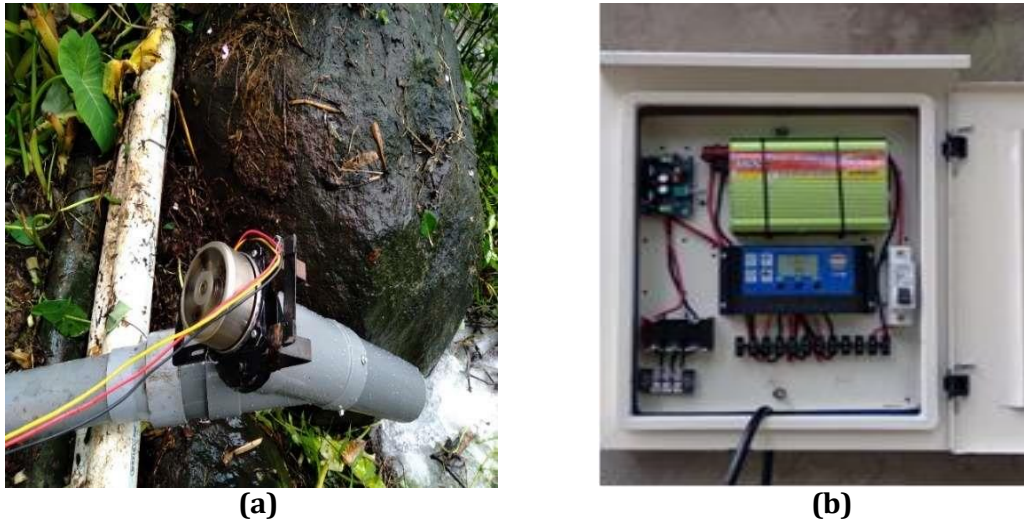
Sejumlah prosedur yang memerlukan pengumpulan informasi tentang beberapa variabel yang penting untuk menilai performa perangkat merupakan bagian dari proses pengujian. Untuk memastikan kecepatan operasional, diperlukan pengukuran putaran per menit (RPM), mengevaluasi arus listrik yang diterapkan, melakukan pengujian beban untuk menilai daya tanggap perangkat terhadap beban tertentu, dan membuat grafik untuk memeriksa dan mengilustrasikan hubungan antara arus listrik dan tingkat beban. Untuk memberikan pandangan yang lebih lengkap tentang respons perangkat terhadap fluktuasi tegangan pada berbagai tingkat beban yang dievaluasi, pengujian tambahan termasuk pembuatan grafik yang menunjukkan hubungan antara tegangan dan beban yang diterapkan. Performa dan efektivitas alat EHP yang dibuat dinilai dengan menggunakan semua data ini sebagai dasar.

Tempat Pembuatan

Di lingkungan masyarakat Dusun Ngisong, Kota Batu, dilakukan penelitian untuk membuat dan membangun alat EHP. Pemilihan wilayah penelitian didasarkan pada beberapa kriteria, seperti atribut fisik wilayah, keberadaan sumber air yang berkelanjutan, dan partisipasi aktif masyarakat setempat dalam penelitian ini.

3. Results and discussion

Hasil prototipe PLTPH yang telah dirancang kemudian dilakukan pengujian. Tujuan dari pengujian prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko-hidro, untuk mengetahui nilai keluaran arus dan voltase generator berdasarkan dari debit aliran air. prototipe PLTPH yang dirancang dalam penelitian ini mampu menghasilkan daya sebesar 27,6 watt. Daya ini digunakan untuk memasok listrik ke 4 buah lampu di berbagai titik dengan total daya 80 watt (3 lampu 30 watt dan 1 lampu 20 watt). Meskipun total daya lampu 80 watt, namun prototipe PLTPH hanya mampu memasok sekitar 27,6 watt daya aktual.



Gambar 5. Layout Alat Penelitian (a), dan Layout Box Panel (b)

Untuk melakukan pemantauan dan pengukuran output yang berkelanjutan serta terus-menerus dari prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko-Hidro (PLTPH), panel kontrol yang dilengkapi dengan perangkat monitoring tegangan dan arus PLTPH maka ditempatkan di sisi yang mudah diakses. Parameter tegangan AC dan kuat arus listrik yang dihasilkan generator sangat penting untuk dievaluasi dan dinilai guna memastikan bahwa PLTPH menghasilkan energi listrik sesuai dengan rancangan dan kapasitas yang diharapkan. Dalam pengujian ini, avometer digital canggih yang mampu melakukan pengukuran tegangan dan arus secara akurat dan teliti dipasang pada panel kontrol guna menampilkan keluaran tegangan dan arus dari generator secara real-time. Selain keluaran tegangan dan arus, dilakukan juga pemantauan secara real time pada putaran per menit poros turbin karena performa PLTPH bergantung kepada laju putaran poros yang memutar generator. Maka dari itu *Tachometer* listrik untuk mendeteksi dan merekam putaran per menit dipasang sejajar guna mendapatkan data kecepatan putaran turbin untuk evaluasi menyeluruh kinerja prototipe PLTPH ini. Hasil pengukuran dan pemantauan parameter inti ini bertujuan untuk memastikan PLTPH berfungsi optimal dalam kondisi ideal dan sesuai rancangan, serta menghasilkan data kinerja komprehensif yang berguna dalam analisis mendalam terhadap pembangkit listrik tenaga *pico-hidro*.

Gambar Dari Hasil Pengujian



Gambar 7. Kecepatan Permukaan Meter/ Menit Head 1 M Terhubung Beban

Prosedur Pengujian :

- Menunggu air yang dialirkan untuk menggerakkan turbin. Pada titik ini, turbin berfungsi untuk mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk melakukan pekerjaan.
- Melakukan pengukuran menggunakan tachometer yang diarahkan pada poros puli turbin dan generator. Setelah aliran air membuat turbin berputar, langkah selanjutnya adalah mengukur kecepatan putaran dengan tachometer.

Tabel 4. Kecepatan Putaran Turbin Head 0 m

Kecepatan Putaran (Rpm) Head 0 m			
No	Tanpa Beban	Beban 2 Fasa	Beban 3 Fasa
1	1083,65	129,91	58,09
2	1064,23	127,27	62,41
3	1076,06	130,55	62,13
4	1046,48	132,1	60,59
5	1056,25	130,3	63,37
6	1052,78	129,39	61,88
7	1035,93	126,93	53,27
8	1058,31	126,92	59,99
Rata-rata	1053,21	129,49	60,97

Pengukuran Tegangan dan Arus

Pengujian menyeluruh terhadap tegangan dan arus keluaran generator dilakukan selama fase pengujian ini. Hal ini mencakup tujuan pengujian, spesifikasi peralatan yang akan digunakan, gambar hasil pengujian sebagai dokumentasi visual, spesifikasi prosedur yang digunakan selama proses pengujian, dan penjelasan menyeluruh yang diberikan melalui tabel yang merinci hasil pengujian secara menyeluruh. Amperemeter dan voltmeter akan digunakan dalam pengujian. Keduanya dihubungkan ke generator dan dikonfigurasi dengan benar, menjamin bahwa tegangan dan arus dapat diukur secara tepat untuk seluruh pengujian. Ini dimaksudkan untuk menjamin pengumpulan data yang akurat dan komprehensif serta dokumentasi

yang lengkap untuk analisis dan penilaian selanjutnya terhadap kinerja generator selama periode pengujian ini.



(a)

Gambar 8. Pengukuran Tegangan Setelah Step-Down (a), Pengukuran Arus Setelah Step Down (b)

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tegangan

No	Tegangan DC Sebelum Diode (V)			Tegangan Setelah Diode (V)
	Fasa 1	Fasa 2	Fasa 3	
1	15,5	15,4	15,3	31,1
2	15,5	15,4	15,3	31
3	15,5	15,4	15,3	31,1
4	15,5	15,4	15,3	31,2
5	15,5	15,4	15,3	30,9
6	15,5	15,4	15,3	31
7	15,5	15,4	15,3	30,9
8	15,5	15,4	15,3	31,1
9	15,5	15,4	15,3	31
10	15,5	15,4	15,3	30,9
11	15,5	15,4	15,3	30,8
12	15,5	15,4	15,3	31
13	15,5	15,4	15,3	30,9
14	15,5	15,4	15,3	30,8
15	15,5	15,4	15,3	30,9
Rata-rata	15,50	15,40	15,30	30,97

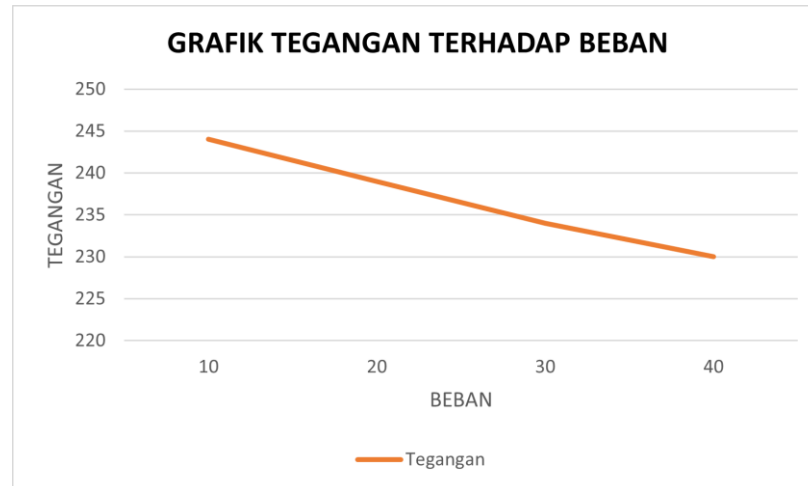
Pada pengukuran tegangan terdapat pengukuran setelah *step-down* dan sebelum *step-down*. Pengambilan data dilakukan sebanyak 15 kali dan untuk perhitungan rata-ratanya adalah dengan menjumlahkan setiap kolom yang ada dan dibagi dengan hasil dari jumlah tersebut dan ini bertujuan untuk mengetahui rata-rata tegangannya.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Arus Dan Tegangan Terhadap Beban

No	Beban	Tegangan	Arus
1	10	244	0,03
2	20	239	0,07
3	30	234	0,09
4	40	230	0,12

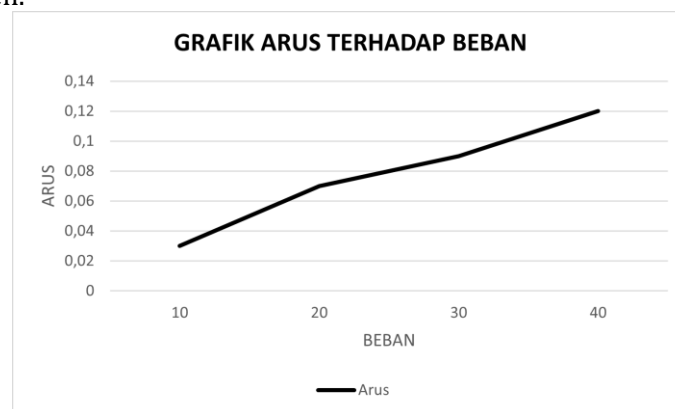
Dari data hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 6 dapat dilihat semakin banyak beban yang digunakan maka semakin besar juga arus yang aan dibutuhkan dan tegangan pada ouput inverter sehingga mengalami penurunan Ketika beban tersebut bertambah. Perhatikan bahwa beban yang terhubung ke *output inverter* dapat berupa peralatan listrik atau sistem lain yang menggunakan listrik yang dihasilkan oleh inverter.

Hubungan Tegangan Terhadap Beban



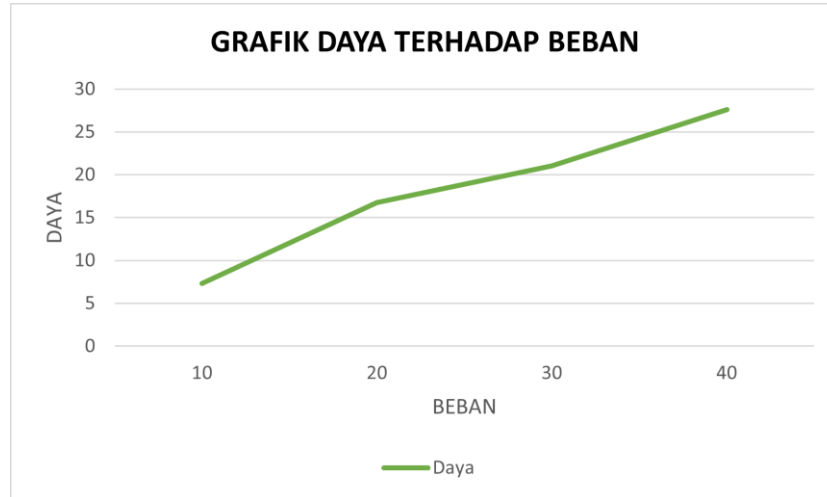
Gambar 10. Grafik Tegangan Terhadap Beban

Berdasarkan pada gambar 10 yang merupakan representasi grafik hasil pengujian, data kuantitatif hubungan antara tegangan output dari sistem pembangkit listrik tenaga *pico-hidro* terhadap variasi beban listrik yang diterapkan telah dikumpulkan dan dianalisis secara komprehensif guna mengevaluasi karakteristik kelistrikan prototipe yang dirancang, dimana dapat diketahui pola kecenderungan penurunan nilai tegangan keluaran dari generator seiring dengan peningkatan kapasitas beban listrik yang disuplai ke sistem dalam bentuk peralatan listrik, instrumen, dan perangkat elektronik. Semakin tinggi jumlah daya listrik yang dikonsumsi oleh beban, *output* tegangan listrik akan mengalami penurunan yang semakin mendekati angka 230 Volt, yang merupakan batas bawah tegangan kerja agar sistem dapat tetap beroperasi normal, pola penurunan tegangan ini perlu diawasi dan dianalisis seksama guna memastikan bahwa kapasitas maksimum beban yang mampu ditangani oleh sistem tidak melebihi desain awal prototipe pembangkit listrik tenaga *pico-hidro* agar tidak terjadi malfungsi ataupun kerusakan yang dapat mengganggu kinerja atau merusak peralatan secara permanen.



Gambar 11. Grafik Arus Terhadap Beban

Gambar 11 dengan jelas menunjukkan bahwa hubungan antara arus dan beban memiliki tren yang cukup besar. Grafik tersebut menunjukkan kecenderungan arus yang dilepaskan naik secara dramatis seiring dengan meningkatnya daya beban yang dihasilkan, mendekati nilai 0,12. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya daya beban dan arus yang dilepaskan dalam konteks tersebut memiliki hubungan yang positif.



Gambar 12. Grafik Arus Terhadap Beban

Gambar 12 tersebut menggambarkan hubungan antara dua variabel, yaitu beban dan daya. Setiap baris dalam tabel mencerminkan tingkat beban tertentu, dengan nilai-nilai daya yang terkait. Meskipun satuan untuk beban tidak spesifik, diperkirakan bahwa daya diukur dalam watt (W), sesuai dengan satuan umum untuk daya. Sebagai contoh, pada tingkat beban 10, daya yang tercatat adalah 7.32. Analisis semacam ini sering digunakan untuk memahami pola atau ketergantungan antara variabel, dalam hal ini, untuk mengevaluasi bagaimana daya berkembang seiring dengan perubahan tingkat beban.



(a)



(b)



(c)

Gambar 13. Pemasangan Lampu sorot di 3 titik (a),(b),(c)

Menurut gambar di atas, lampu sorot ditempatkan secara strategis di banyak tempat yang langsung menuju ke jalan setapak dan kolam ikan milik penduduk setempat. Lampu sorot yang telah ditempatkan telah direncanakan dengan baik dan jumlahnya memadai untuk menerangi jalan di malam hari. Hasilnya, lampu sorot memberikan manfaat besar bagi penduduk setempat dengan mengurangi kecemasan mereka dalam beraktivitas di malam hari.

4. Conclusion

Berdasarkan dari penelitian ini dengan merancang dan membuat prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro sebagai listrik penerangan jalan setapak warga dengan memanfaatkan generator dan turbin. Turbin yang digunakan adalah turbin jenis *Archimedes screw* atau turbin ulir, dan beban yang digunakan yaitu 4 buah lampu di berbagai titik dengan daya 3 lampu 30 watt dan satu lampu 20 watt, di berbagai titik ini ditunjukkan untuk penerangan jalan pada masyarakat yang berada di Desa tersebut. Arus yang dikeluarkan oleh baterai yang sudah terhubung dengan inverter akan naik Ketika terjadi penambahan beban. Ketika inverter dihubungkan dengan beban 10 watt maka arus yang dikeluarkan 0,03 A, Ketika ditambah menjadi 20 watt arus yang dikeluarkan menjadi 0,07 A dan Ketika ditambah sampai 50 watt arus yang dikeluarkan sebesar 1,5 A.

References

- [1] E. S. Masrianto and R. Rahman, "Studi Tentang Proses Pembangkitan Listrik Tenaga Diesel Pt. Pln (Persero) Wilayah Sulselrabar Sektor Tello Makassar."
- [2] S. Syah Putra, "Prototipe Sistem Generator Termoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik Memanfaatkan Limbah Panas Pabrik Semen," vol. 4, no. 2, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.451.
- [3] F. R. Arroyo M and L. J. Miguel, "The role of renewable energies for the sustainable energy governance and environmental policies for the mitigation of climate change in Ecuador," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 15, p. 3883, 2020.
- [4] R. Franiko and R. Mukhaiyar, "Analisa Perbaikan Susut Non Teknis Dengan Pemetaan Pju Ilegal Di Ulp Sijunjung Menggunakan Gps Garmin Gpsmap64s," vol. 4, no. 2, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.512.
- [5] A. Mustafa Omer, "Clean energies development in built environment," *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, vol. 9, no. 1, pp. 45–63, 2012.
- [6] M. Case, F. Ardiansyah, and E. Spector, "Climate change in Indonesia: implications for humans and nature.," *Climate change in Indonesia: implications for humans and nature.*, 2007.
- [7] R. Risna, E. Paindan, E. C. Randanan, and M. Lutfi, "Kajian Penerapan Kampus Ramah Lingkungan (Green Campus) Di Stt Migas Balikpapan," *PETROGAS: Journal of Energy and Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 35–43, 2021.
- [8] D. Sugati, "Rancang Bangun Turbin Propeller Open Flume Head Rendah Dengan Enam Sudu," *ReTII*, pp. 611–618, 2022.
- [9] M. Ibrahim, I. Dirja, and V. Naubnome, "Rancang Bangun Prototipe PLTPh Sebagai Listrik Penerangan Kapasitas 9 Watt," *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, vol. 13, no. 2, p. 63, Nov. 2020, doi: 10.24843/jem.2020.v13.i02.p04.
- [10] "Penerapan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro dengan Turbin Propeller Open Flume TC 60 dan Generator Sinkron Satu Fasa 100 VA di UPI Bandung."
- [11] J. Langer, J. Quist, and K. Blok, "Review of renewable energy potentials in Indonesia and their contribution to a 100% renewable electricity system," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 21, p. 7033, 2021.
- [12] A. Hidayatullah, A. Maruf, D. A. Islachulchoir, D. P. Pibadi, and Y. Rahmawati, "Sistem Pembangkit Energi Surya Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang," *INAJEEE (Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering)*, vol. 2, no. 2, pp. 68–73, 2019.
- [13] F. Apriansyah, A. Rusdinar, and D. Darlis, "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Mikrohidro (Pltmh) Pada Pipa Saluran Pembuangan Air Hujan Vertikal Design Of Micro-Hydro Power Plant On Rainwater Disposal Pipe."