

PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR PORTABLE DENGAN DAYA 500 WATT

Khotip Suhadak¹, M.Jasa Afroni², Bambang Minto Basuki³

^{1,2,3} Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

JL. MT. HARYONO 193 MALANG

khotipsuhadak97@gmail.com, jasa.afroni@unisma.ac.id, bambang.minto@unisma.ac.id

Abstract

This study develops a portable Micro Hydropower Plant (PLTA) with a planned capacity of 500 Watts to address electricity needs in remote areas not yet connected to the national grid (PLN). The research employs a quantitative approach through system design, prototype construction, and field testing. The prototype integrates a PVC reaction turbine, pulley and V-belt transmission, and a PMDC generator rated at 12–80 V. Supporting components include an LM2596 buck converter, 10A Schottky diode, 12V 75Ah lead-acid battery, and a 1000 W pure sine wave inverter. Experiments were conducted at the Metro River (UNISMA). Results show that the generator produced up to 80 VDC without load, stabilized to 14 VDC for battery charging. At 500 RPM, the charging current was stable at 4–5 A, enabling efficient battery charging and power supply through the inverter. Thus, the 500 W portable hydropower system is proven feasible as a practical, economical, and renewable energy alternative for rural electrification.

Keywords: *portable hydropower, renewable energy, DC generator, reaction turbine, inverter.*

Abstraksi

Penelitian ini mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) portable berkapasitas 500 Watt untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan PLN. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui tahapan perancangan, pembuatan prototipe, dan pengujian lapangan. Sistem dirancang dengan turbin reaksi berbahan PVC, transmisi puli dan v-belt, serta generator DC tipe PMDC (12–80 V). Komponen pendukung meliputi step down buck LM2596, dioda Schottky 10A, baterai aki 12V 75Ah, dan inverter pure sine wave 1000 W. Pengujian dilakukan di Sungai Metro UNISMA. Hasil menunjukkan generator mampu menghasilkan tegangan 80 VDC tanpa beban yang distabilisasi menjadi 14 VDC untuk pengisian baterai. Pada putaran 500 RPM, arus pengisian rata-rata 4–5 A, sehingga baterai dapat terisi stabil dan menyuplai beban melalui inverter. Dengan demikian, PLTA portable berdaya 500 Watt terbukti layak sebagai energi alternatif terbarukan yang praktis, ekonomis, dan potensial diaplikasikan di wilayah terpencil.

Kata kunci: *PLTA portable, energi terbarukan, generator DC, turbin reaksi, inverter.*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan fundamental dalam kehidupan manusia modern karena hampir seluruh aktivitas domestik maupun industri sangat bergantung pada ketersediaan energi yang stabil [1]. Seiring meningkatnya populasi dan perkembangan teknologi, permintaan listrik di Indonesia terus meningkat signifikan dari tahun ke tahun [2]. Sayangnya, distribusi listrik belum merata, terutama di wilayah pedesaan dan terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN) [3]. Kondisi ini berdampak pada keterbatasan akses masyarakat terhadap fasilitas pendidikan, kesehatan, dan aktivitas ekonomi produktif [4].

Salah satu solusi yang potensial adalah pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi air melalui Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Indonesia memiliki banyak sungai dengan debit air yang relatif konstan, menjadikannya sebagai sumber energi terbarukan yang melimpah, murah, dan ramah lingkungan [5], [6]. PLTA skala kecil atau mikrohidro banyak diteliti karena mampu diimplementasikan di daerah terpencil tanpa membutuhkan infrastruktur yang kompleks [7].

Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan prototipe pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas berbeda. Kasmin dkk. merancang Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) berbasis turbin reaksi yang menghasilkan daya 100 Watt [8]. Surusa dkk. mengembangkan prototipe PLTA sungai menggunakan turbin pelton dengan tegangan rata-rata 11,63 VDC [9]. Azis dan Fitri merancang trainer PLTMH dengan alternator mobil yang menghasilkan tegangan

116,4 VAC [10]. Hadi dkk. juga membandingkan pemanfaatan energi angin melalui pembangkit listrik tenaga bayu [11]. Dari berbagai penelitian tersebut, masih terdapat keterbatasan daya output (<300 Watt) dan efisiensi penyimpanan energi.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan PLTA portable berdaya 500 Watt dengan desain sederhana menggunakan turbin reaksi berbahan PVC, transmisi puli-v-belt, generator DC tipe PMDC, step-down buck LM2596, baterai aki 12V 75Ah, dan inverter pure sine wave 1000 W. Sistem ini dirancang agar praktis, ekonomis, serta mampu menyediakan energi listrik AC yang dapat langsung dimanfaatkan masyarakat pedesaan. Dengan pendekatan tersebut, diharapkan PLTA portable ini dapat menjadi alternatif solusi energi terbarukan yang berkelanjutan, handal, dan aplikatif bagi wilayah terpencil.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode penelitian kuantitatif yang dikombinasikan dengan metode penelitian dan pengembangan atau rekayasa. Pendekatan kuantitatif diterapkan karena fokus utama penelitian adalah pada pengukuran dan analisis data untuk mengevaluasi kinerja sistem secara objektif. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan mengukur efektivitas sistem dalam pembangkit listrik tenaga air, yang direpresentasikan oleh variabel terukur resistansi, tegangan dan arus.

Sementara itu, metode pengembangan pembangkit listrik atau rekayasa menjadi landasan karena penelitian ini mencakup serangkaian proses sistematis yang meliputi perancangan, implementasi (pembuatan purwarupa), dan pengujian sebuah produk teknologi baru. Metode ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem pembangkit listrik fungsional, dan kemudian menganalisis kerjanya berdasarkan data terukur.

B. Tahapan Penelitian



Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian

1. Studi Literatur

Tahapan ini sebagai persiapan awal dalam melakukan penelitian. Pada proses ini digunakan untuk mendapatkan referensi yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan topik penelitian, baik berupa informasi maupun berupa objek seperti karya ilmiah, datasheet, dan jurnal nasional maupun internasional.

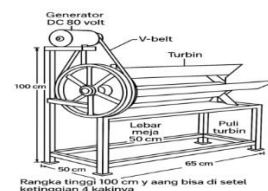
2. Pengumpulan Data

Tahapan ini melibatkan proses pengumpulan informasi secara fakta yang dibutuhkan untuk menyelesaikan persoalan pada penelitian atau sebagai bahan mencapai tujuan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan berupa teknik dokumentasi. Teknik ini tertuju pada variabel berupa catatan, karya ilmiah, jurnal dan lain sebagainya.

3. Perancangan Alat

Tahapan ini fokus pada perancangan komponen maupun bahan yang telah dikumpulkan dalam membuat alat sampai dengan pengujian alat. Kebutuhan alat pada penelitian ini diidentifikasi berdasarkan *studi literature* dan kondisi lokasi penelitian.

Alat ini diusulkan dengan desain yang ringkas, sehingga alat ini disebut *portable*. Pada rancangan alat ini, agar terintegrasi secara keseluruhan alat dan bahan yang dibutuhkan maka diperlukan desain prototipe yang ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Desain Prototipe Pembangkit Portable

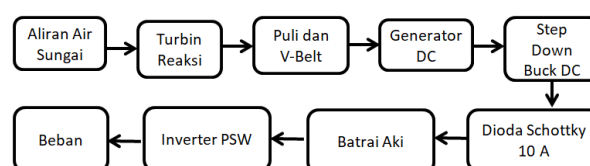
Untuk kebutuhan perancangan alat yang menunjang penelitian ini, ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Bahan Kebutuhan Perancangan Alat

No	Nama Bahan	Spesifikasi / Kegunaan
1	Kerangka Alat	~ Besi hollow, T: 100cm, P: 65cm, 50cm ~ Sebagai media atau tempat untuk menyatukan seluruh komponen agar kokoh ~ kaki alat bisa di setel ketinggian-nya sebagai penahan di permukaan air
2	Turbin Reaksi DIY	~ PVC '60cm dengan sudu-sudu sebanyak 8 sirip ~ Sebagai penerima aliran air dan menghasilkan putaran yang memutar generator
3	Puli	~ Alumunium, 14 inch dan 8 inch ~ Sebagai dudukan/jalur V- belt
4	V- Belt	~ Sebagai penghubung pemutar antara turbin dengan generator
5	Generator DC	~ merk AMER — MP56 series ~ Permanent-magnet DC (synchronous/PMDC) ~ Tegangan 12-80 V dan Arus 1-3 A ~ Daya 200–250 W ~ Diameter stator ϕ 78-82 mm ~ Diameter poros 8 mm ~ Panjang 250 mm
6	Kabel	~ NYM 2x2 mm ~ Sebagai jalur tegangan listrik ke seluruh komponen
7	Dioda Schottky	~ nilai 10A ~ Sebagai penyerah tegangan dan arus ke batrai agar tidak berbalik ke generator
8	Step Down Buck DC to DC	~ merk LM2596 ~ Sebagai penurun tegangan DC 80 Volt ke 14 Volt
9	Batrai Aki	~ merk Incoe basah 12V 75Ah ~ Sebagai penyimpanan daya listrik dari generator untuk menstabilkan tegangan
10	Inverter Pure	~ Astello 1000W, DC 12V

	Sine Wave	to AC 220V ~ Sebagai pengubah arus listrik DC ke AC
11	Stop Kontak	~ Sebagai pemanfaatan daya listrik yang telah dihasilkan
12	Terminal kabel	~ 10 mm ~ Sebagai penghubung kabel ke seluruh komponen

Alat ini dirancang berdasarkan kondisi lokasi penelitian yang berada di Sungai Metro UNISMA, Alamat sungai jl. Joyosuko Agung, Merjosari, kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur. Sistem kerja dari alat ini ditampilkan dalam bentuk diagram blok pada Gambar 3.3.

**Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable**

Berdasarkan blok sistem pada Gambar 3.3 dapat diketahui bagian utama dalam mendistribusikan daya menuju beban. Alat ini memanfaatkan turbin jenis reaksi karena sumber tenaga yang tersedia berupa sungai dan hal ini telah disesuaikan dengan mengacu pada prinsip kerja turbin reaksi yang membutuhkan head rendah ($<10\text{m}$). Selain itu, alat ini menggunakan baterai sebagai penampungan/kapasitas daya yang mampu menyuplai permintaan beban yang sesuai dengan kapasitas alat. Adanya inverter sebagai pengubah arus listrik yang semula DC dari hasil putaran turbin menuju generator untuk menjadi AC sebagai sumber yang digunakan pada beban.

4. Analisis Data

Pada tahap ini, analisis data digunakan untuk mengetahui kinerja dari rancangan alat yang telah diselesaikan dan sebagai proses pemahaman data yang didapatkan dari hasil uji alat. Tahapan pertama yang dilakukan adalah melakukan percobaan dengan lokasi yang berbeda untuk mengetahui potensi dari lokasi tersebut. Tahapan kedua melakukan pengujian berdasarkan nilai RPM yang telah tersedia untuk mengetahui kinerja dari alat tersebut.

Tahap pertama membutuhkan perhitungan debit air sebagai pembanding nilai dari potensi lokasi dalam menghasilkan energi. Persamaan yang digunakan mengacu pada Persamaan (2). Tahap kedua membutuhkan alat bantuan berupa

pengukur RPM untuk mengetahui putaran RPM pada poros yang digunakan sebagai generator.

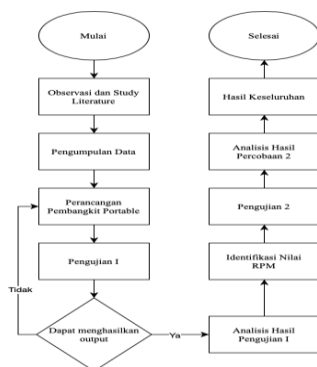
Pada tahap ini, sebagai hasil ringkasan dari data yang telah diolah dan sebagai proses memberikan suatu pemahaman terkait alat pembangkit listrik tenaga air *portable* ini.

5. Data Penelitian

Data penelitian dibutuhkan untuk mengetahui informasi dan memudahkan dalam analisis data. Data pada penelitian ini mencakup data debit air, RPM, tegangan dan arus.

6. Prosedur Penelitian

Penyelesaian penelitian ini menggunakan uji coba alat untuk menguji kinerja dari alat pembangkit listrik tenaga air *portable* dapat bekerja dengan baik. Oleh karena itu, digunakan prosedur penelitian seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Memaparkan hasil implementasi dan serangkaian pengujian validasi yang telah dilakukan terhadap sistem pembangkit listrik tenaga air. Setiap pengujian, mulai dari pengujian output generator DC, kesetabilan output step down buck 14V untuk pengisian baterai aki, hingga kinerja sistem pembangkit listrik secara keseluruhan, disajikan dan dianalisis secara kuantitatif. Data hasil eksperimen ini kemudian dibahas secara kritis untuk mengevaluasi pencapaian tujuan penelitian yang telah dirumuskan

A. Hasil Perancangan Alat

Alat dari penelitian ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air *Portable* dengan spesifikasi yang tertera pada Tabel 3.1. Alat yang telah didesain ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat

B. Pengujian Debit Air

Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali pada titik lokasi yang berbeda di Sungai Metro UNISMA. Hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Debit Air Sungai Metro UNISMA

No	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas A (m²)	Jarak Tempuh L (m)	Waktu Tempuh t (detik)	Kecepatan v (m/s)	Debit Q (m³/s)
1	1.80	0.45	0.81	25	30,34	0.70	0.567
2	2.00	0.50	1.00	25	26,57	0.80	0.800
3	1.60	0.40	0.64	25	32,68	0.65	0.416
4	2.20	0.55	1.21	25	28,34	0.75	0.908
5	1.90	0.48	0.91	25	35,42	0.60	0.546
6	1.70	0.42	0.71	25	25,00	0.85	0.603
7	2.30	0.50	1.15	25	21,25	1.00	1.150
8	2.10	0.53	1.11	25	23,61	0.90	0.999
9	1.80	0.46	0.83	25	27,23	0.78	0.647
10	2.00	0.52	1.04	25	22,36	0.95	0.988
Total					272.8 detik	7.98 m/s	7.624 m³/s

Berdasarkan Analisis Hasil Pengujian Tabel 4.1, nilai debit air rata-rata di Sungai Metro UNISMA dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_{rata-rata} = \frac{\sum Q}{10} = \frac{7.624 \text{ m}^3/\text{s}}{10} = 0.762 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rentang debit air pada lokasi pengujian berada pada **0,416–1,150 m³/s**, yang menunjukkan bahwa Sungai Metro memiliki potensi aliran yang cukup tinggi untuk memutar turbin dan menghasilkan daya listrik. Debit terbesar terdapat pada titik pengujian ke-7 yaitu **1,150 m³/s**, sedangkan debit terkecil terdapat pada titik pengujian ke-3 yaitu **0,416 m³/s**. Dengan debit rata-rata tersebut, Sungai Metro UNISMA layak digunakan sebagai sumber tenaga pada PLTA portable berdaya rencana **500 Watt**, karena energi kinetik aliran mampu menghasilkan putaran turbin pada kisaran yang sesuai untuk pengisian baterai dan pembangkitan daya listrik. Dapat disimpulkan bahwa debit aliran Sungai Metro UNISMA mendukung pengoperasian

sistem pembangkit listrik tenaga air portable dan memenuhi kebutuhan energi untuk pengujian prototipe yang dikembangkan pada penelitian ini.

C. Perhitungan Putaran Turbin dan Putaran Generator

Pengujian perhitungan putaran turbin dan generator dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara kecepatan putar yang dihasilkan turbin dengan kecepatan kerja generator setelah melalui mekanisme transmisi puli dan sabuk. Perhitungan ini didasarkan pada prinsip kesetimbangan kecepatan linier puli, sehingga putaran generator berbanding lurus dengan rasio diameter puli turbin terhadap puli generator. Dengan demikian, analisis perbandingan putaran turbin dan generator menjadi penting untuk memastikan bahwa sistem mampu menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai dengan kebutuhan pengisian aki pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Perhitungan Putaran Turbin dan Generator

No	1	2
Skenario/Lokasi	Lapangan – Sungai UNISMA	Ringkasan – Rentang Optimal
Putaran Generator (RPM)	500	400 – 500
Diameter Puli (inch) Turbin : Generator	14:08	14:08
Putaran Turbin (RPM)	285,71	228,57 – 285,71
Tegangan Referensi (V) @ 500 Ω	14,9	$\approx$ 13,5 – 14,9
Keterangan	Data lapangan (Tabel 4.1) & uji lab	Berdasarkan kesimpulan uji lab (optimal charge 400–500 RPM)

Keterangan perhitungan:

1. Rumus yang digunakan: $N_{\text{gen}} = N_{\text{turbin}} \times (D_{\text{turbin}} / D_{\text{gen}}) \rightarrow N_{\text{gen}} = N_{\text{turbin}} / 1,75$, dengan $D_{\text{turbin}} = 14"$ dan $D_{\text{gen}} = 8"$.
2. Tegangan referensi diambil dari hasil uji laboratorium dengan beban resistif 500 Ω .

Berdasarkan hasil pengujian, generator mampu beroperasi pada rentang kecepatan putaran 400–500 RPM, yang setara dengan putaran turbin 228,57–285,71 RPM sesuai rasio puli 14:8. Pada

kecepatan tersebut, generator menghasilkan tegangan keluaran sebesar 13,5–14,9 V dengan beban resistif 500 Ω . Nilai tegangan tersebut menunjukkan bahwa generator telah beroperasi pada kondisi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pengisian aki 12 V, karena tegangan minimum pengisian efektif aki memerlukan sedikitnya 13,5 V. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem turbin dan generator yang diuji mampu bekerja dengan kecepatan putaran yang memadai untuk menghasilkan tegangan sekitar 14 V.

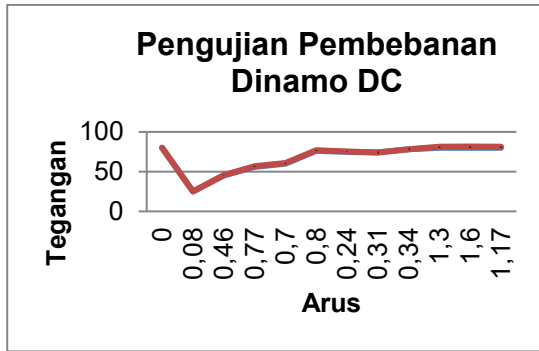
D. Pengujian Tegangan Output dengan Putaran Pada Generator DC

Pengujian 2 dilakukan dengan cara menghubungkan motor listrik kopling poros sebagai penggerak generator DC untuk mengetahui keluaran tegangan (V), arus (I), daya (W) dan putaran (RPM). Langkah awal pengujian 2 yaitu menyiapkan alat tambahan berupa *voltage regulator*, motor listrik penggerak, AVO meter dan *tachometer*. Sumber tegangan yang digunakan untuk menyalakan di atur menggunakan *voltage regulator* sebagai pengatur tegangan input motor listrik penggerak. Sehingga putaran motor listrik penggerak dapat disesuaikan dengan menggunakan *tachometer* sebagai pembaca RPM generator DC.

Pengujian 2 dilakukan untuk mengetahui kinerja generator dalam menghasilkan keluaran yang dibutuhkan. Selain itu, pengujian ini menggunakan 2 kondisi yang berbeda yaitu generator tanpa beban dan terhubung dengan beban. Hasil yang diperoleh dari pengujian 2 diuraikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Putaran Generator Tanpa Beban dan Terhubung Beban

Data Dinamo DC				
RPM	Beban	V	A	Daya (W)
3000	0	80	0	0
1000	50	25	0.08	2
1276	100	45	0.46	20.7
1900	150	56	0.77	43.12
2200	200	60	0.7	42
2450	250	76	0.8	60.8
2700	300	75	0.24	18
2750	350	74	0.31	22.94
2800	400	78	0.34	26.52
2850	450	80	1.3	104
2870	500	80	1.6	128
3000	500	80	1.17	93.6



Gambar 4. 2 Grafik Pengujian Pembebanan Dinamo DC

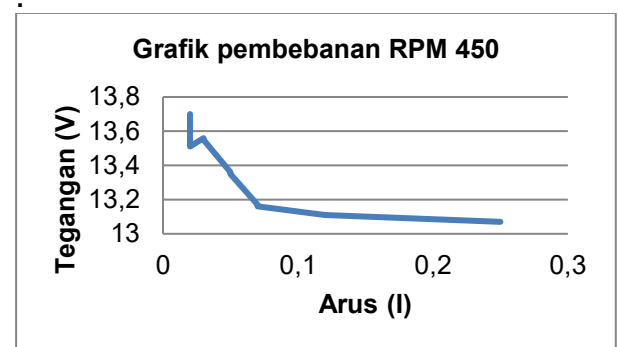
Berdasarkan Tabel 4.3, dapat diketahui variabel mempunyai nilai yang berbeda untuk setiap RPM dan kondisi pengujian. Nilai tertinggi pada kondisi beban nol dan putaran maksimum diperoleh putaran generator sebesar 3000 RPM dan daya sebesar 93,6 W dengan tegangan 80 VDC dan arus 1,17 A.

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengetahui kinerja generator dalam menghasilkan keluaran yang efisien untuk pengisian baterai aki. Selain itu, pengujian ini menggunakan 2 kondisi yang berbeda yaitu terhubung beban variabel dengan RPM tetap. Hasil yang diperoleh dari pengujian 2 selanjutnya diuraikan pada Tabel 4.4.

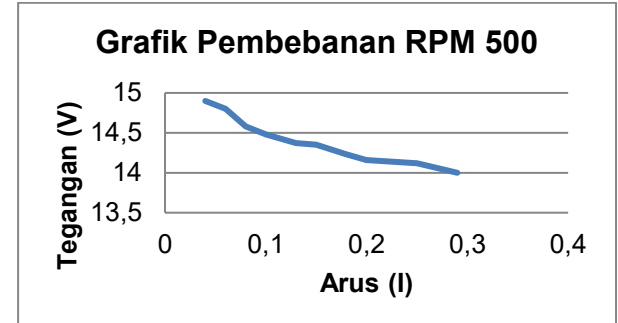
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Putaran Generator Terhubung Beban Variabel RPM tetap

Data Pengujian Generator DC				
RPM	Beban [Ω]	V	I	Daya [Watt]
450	50	13.07	0.25	3.2675
	100	13.11	0.12	1.5732
	150	13.16	0.07	0.9212
	200	13.17	0.07	0.9219
	250	13.35	0.05	0.6675
	300	13.36	0.05	0.668
	350	13.55	0.03	0.4065
	400	13.56	0.03	0.4068
	450	13.51	0.02	0.2702
	500	13.7	0.02	0.274
500	50	14	0.29	4.06
	100	14.12	0.25	3.53
	150	14.16	0.2	2.832
	200	14.23	0.18	2.5614
	250	14.35	0.15	2.1525
	300	14.37	0.13	1.8681
	350	14.48	0.1	1.448
	400	14.58	0.08	1.1664

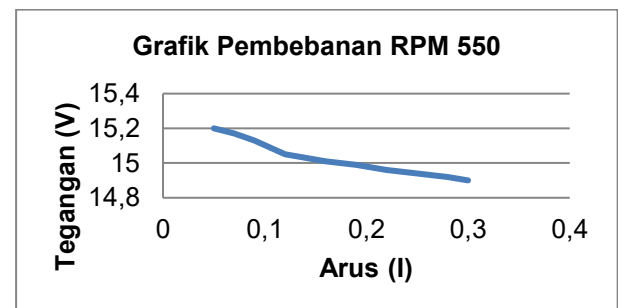
550	450	14.8	0.06	0.888
	500	14.9	0.04	0.596
	50	14.9	0.3	4.47
	100	14.92	0.28	4.1776
	150	14.94	0.25	3.735
	200	14.96	0.22	3.2912
	250	14.99	0.19	2.8481
	300	15.01	0.16	2.4016
	350	15.05	0.12	1.806
	400	15.13	0.09	1.3617
	450	15.17	0.07	1.0619
	500	15.2	0.05	0.76



Gambar 4. 3 Grafik Pembebanan RPM 450



Gambar 4. 4 Grafik Pembebanan RPM 500



Gambar 4. 5 Grafik Pembebanan RPM 550

Dari nilai pengujian generator tersebut, putaran yang dapat melakukan pengisian pada baterai secara optimal adalah kondisi generator berbeban dengan putaran sebesar 400-500 RPM. Hal ini dikarenakan tegangan pengisian pada baterai

secara normal adalah 13,5 VDC. Sehingga mengacu pada pengujian 2, alat ini dapat bekerja secara optimal apabila kecepatan aliran air mampu menggerakkan generator dengan putaran 400 RPM atau lebih. Oleh karena itu, pemilihan titik lokasi penempatan alat juga perlu dipertimbangkan.

E. Pengujian Step Down Buck untuk Pengisian Batrai Aki

Pengujian keseluruhan dilakukan untuk mengetahui performa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Pengujian keseluruhan menggunakan *voltage regulator* untuk mengatur putaran motor listrik penggerak yang terhubung kopling poros ke generator DC lalu dihubungkan ke step down buck 80V ke 14V. Selanjutnya menguji performa generator dan step down buck pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan generator dalam putaran 500 RPM dalam pengisian batrai, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Pengujian Batrai Aki 12V 75Ah

Data Pengujian Pengisian Batrai Aki 12V 75Ah							
No	Generator Vout (V)	RPM	Vout StepDown (V)	Arus Pengisian (A)	Waktu (menit)	Volt Batrai (V)	Keterangan
1	15	500	14	5	0	1	Tegangan awal aki sangat rendah (deep discharge)
2	15.1	500	14	5	30	2	Tegangan mulai naik cepat
3	15	500	14	4.8	60	3	Fase bulk charge awal
4	15.2	500	14	4.6	90	4	Arus sedikit menurun
5	15.1	500	14	4.5	120	5	SOC meningkat signifikan
6	15	500	14	4.2	150	6	Tegangan baterai terus naik
7	15.1	500	14	3.8	180	7	Mulai masuk fase absorbs
8	15.2	500	14	3.5	210	8	Arus menurun seiring kenaikan tegangan
9	15.1	500	14	3	240	9	SOC > 70%
10	15	500	14	2.5	270	10	Hampir penuh
11	15.1	500	14	1.5	300	11	Fase akhir pengisian
12	15	500	14	0.5	330	12	Baterai penuh, arus drop

F. Pengujian Batrai dengan Inverter

Pengujian dilakukan dengan menggunakan baterai 12V 75Ah yang dihubungkan ke inverter Pure Sine Wave (PSW) 1000 Watt. Baterai diisi penuh terlebih dahulu hingga mencapai tegangan nominal 12,6–12,8 VDC. Selanjutnya, inverter dioperasikan untuk menyuplai beban listrik bertahap, dimulai dari beban ringan (lampu pijar/LED), beban menengah (kipas/alat elektronik), hingga beban mendekati kapasitas maksimum inverter. Selama pengujian, parameter yang diamati meliputi tegangan baterai, arus

keluaran, daya beban, serta lama waktu baterai mampu menopang beban hingga tegangan turun ke batas minimum ($\pm 10,5$ VDC). Hasil pengujian ini digunakan untuk mengetahui kinerja baterai dalam menyuplai beban melalui inverter serta efisiensi system dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Baterai 12V 75Ah dengan Inverter PSW 1000W

Kategori Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Waktu Nyala (menit)	Efisiensi (%)	Tegangan dan Arus output (AC) Inverter
Beban Ringan	12,1	9,5	100	430	88	220V / 0.45A
Beban Sedang	11,9	27,8	300	140	90	220V / 1.3A
Beban Menengah	11,81	47,9	500	86	88,5	220V / 2.27A
Beban Menengah	11,7	55,9	600	65	89	220V / 2.72A
Beban Tinggi	11,5	86,0	900	40	87	220V / 4A

Keterangan Ilmiah:

- Tegangan adalah tegangan terminal rata-rata selama beban bekerja.
- Arus dihitung dari daya input DC.
- Waktu nyala diperkirakan dengan kapasitas baterai 75Ah @ DoD 80% + koreksi Peukert $k=1,2$.
- Efisiensi = $(P_{out\ AC} / P_{in\ DC}) \times 100\%$.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.6, Baterai 12V 75Ah dengan inverter Pure Sine Wave (PSW) 1000 W diperoleh bahwa semakin besar beban yang diberikan, tegangan terminal baterai cenderung menurun dari 12,1 V pada beban ringan hingga 11,5 V pada beban tinggi. Arus keluaran meningkat seiring dengan kenaikan daya, yaitu dari 9,5 A pada beban 100 W hingga mencapai 86 A pada beban 900 W. Hal ini menunjukkan bahwa baterai harus menyuplai arus yang semakin besar untuk mempertahankan daya pada beban tinggi.

G. Pengujian keseluruhan Alat di Sungai Metro UNISMA

Pengujian sistem dilakukan di Sungai Metro, Universitas Islam Malang (UNISMA), dengan tujuan mengevaluasi kinerja rangkaian pembangkit listrik portabel. Sistem yang diuji terdiri atas generator arus searah (DC) yang terhubung ke konverter penurun tegangan tipe *step-down buck converter*, kemudian dilanjutkan menuju dioda Schottky sebagai penyearah dan proteksi arus balik. Selanjutnya, energi listrik disalurkan menuju baterai aki 12 V berkapasitas 75 Ah untuk penyimpanan energi. Tegangan keluaran baterai kemudian diubah menjadi arus bolak-balik (AC) melalui inverter *pure sine wave* (PSW) berkapasitas 1000 W. Beban uji yang digunakan berupa pemanas listrik (heater) dengan daya nominal 500 W. Seluruh rangkaian diuji secara menyeluruh untuk memperoleh data RPM, tegangan, arus, dan kestabilan sistem selama

proses konversi energi dan pembebanan berlangsung pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Pengujian Keseluruhan Alat di Sungai Metro UNISMA dengan Beban 500 W

No	RPM	Tegangan Generator (V)	Arus Generator (A)	Daya Generator (W)	Tegangan Inverter (Vac)	Arus Inverter (Iac)	Waktu (t)	Energi Listrik (Wh)
1	720.3	13.6	0.72	9.792	220	2.26	60 detik	8.4524
2	714.3	12.5	0.62	7.75	219	2.27	60 detik	8.45121
3	730.1	13.6	0.68	9.248	220	2.26	60 detik	8.4524
4	701.1	12.2	0.62	7.564	221	2.25	60 detik	8.45325
5	716.8	12.5	0.6	7.5	219	2.27	60 detik	8.45121
6	694.4	12.4	0.61	7.564	219	2.27	60 detik	8.45121
7	712.2	13.5	0.67	9.045	221	2.25	60 detik	8.45325
8	718.4	13.2	0.81	10.692	220	2.26	60 detik	8.4524
9	705.1	13.1	0.85	11.135	219	2.27	60 detik	8.45121
10	703.7	13.6	0.77	10.472	220	2.26	60 detik	8.4524
11	703.3	13.8	0.72	9.936	219	2.27	60 detik	8.45121
12	699.3	13.6	0.83	11.288	219	2.27	60 detik	8.45121
13	707.1	13.4	0.67	8.978	220	2.26	60 detik	8.4524
14	717.7	13.7	0.7	9.59	217	2.29	60 detik	8.44781
15	717.9	13	0.82	10.66	217	2.29	60 detik	8.44781
16	699.3	13.3	0.72	9.576	219	2.27	60 detik	8.45121
17	701.5	13.2	0.81	10.692	218	2.28	60 detik	8.44968
18	727.7	13.6	0.83	11.288	220	2.26	60 detik	8.4524
19	722.1	13	0.84	10.92	218	2.28	60 detik	8.44968
20	706.6	13.6	0.67	9.112	218	2.29	60 detik	8.48674
21	714.6	13.2	0.82	10.824	221	2.25	60 detik	8.45325
22	694.4	13.2	0.8	10.56	219	2.27	60 detik	8.45121
23	697.2	12.2	0.72	8.784	220	2.27	60 detik	8.4898
24	701.2	12.5	0.7	8.75	218	2.29	60 detik	8.48674
25	698.2	12.8	0.73	9.344	219	2.27	60 detik	8.45121
26	692.1	12.1	0.74	8.954	220	2.27	60 detik	8.4898
27	694.5	12.7	0.72	9.144	218	2.28	60 detik	8.44968
28	692.4	12.6	0.71	8.946	220	2.26	60 detik	8.4524
29	686.6	12.1	0.73	8.833	219	2.28	60 detik	8.48844
30	686	12.7	0.77	9.779	219	2.27	60 detik	8.45121
31	691.3	12.2	0.76	9.272	219	2.28	60 detik	8.48844
32	694.7	12.6	0.77	9.702	222	2.25	60 detik	8.4915
33	980.6	12.5	0.71	8.875	219	2.27	60 detik	8.45121
34	691.1	12.4	0.68	8.432	218	2.28	60 detik	8.44968
35	681.9	12.8	0.72	9.216	220	2.26	60 detik	8.4524
36	674.9	12.9	0.74	9.546	218	2.28	60 detik	8.44968
37	690.5	12.5	0.76	9.5	220	2.27	60 detik	8.4898
38	673.1	12.8	0.7	8.96	217	2.29	60 detik	8.44781
39	680.8	12.6	0.73	9.198	218	2.28	60 detik	8.44968
40	667.6	12.5	0.68	8.5	220	2.27	60 detik	8.4898
41	683.5	12.6	0.71	8.946	220	2.26	60 detik	8.4524
42	675	12.7	0.7	8.89	220	2.27	60 detik	8.4898
43	670.8	12.3	0.69	8.487	219	2.27	60 detik	8.45121
44	696	12.5	0.73	9.125	219	2.27	60 detik	8.45121
45	675.9	12.7	0.71	9.017	218	2.29	60 detik	8.48674
46	676.7	12.6	0.75	9.45	219	2.28	60 detik	8.48844
47	674.9	12.5	0.72	9	219	2.27	60 detik	8.45121
48	675.7	12.8	0.69	8.832	221	2.25	60 detik	8.45325
49	669.3	12.2	0.74	9.028	220	2.26	60 detik	8.4524
50	665.2	12.3	0.73	8.979	217	2.29	60 detik	8.44781

Pengujian sistem dengan pembebanan sebesar 500 watt dilakukan untuk menilai kemampuan generator, rangkaian penyearah, baterai, serta inverter dalam memasok daya listrik secara berkesinambungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa generator mampu menghasilkan tegangan dan arus yang cukup untuk mengisi baterai pada tingkat tegangan kerja yang sesuai. Inverter *pure sine wave* 1000 watt yang digunakan dapat mengubah tegangan searah (DC) dari baterai menjadi tegangan bolak-balik (AC) dengan kualitas gelombang yang stabil. Beban pemanas listrik 500 watt dapat beroperasi dengan baik tanpa terjadi penurunan tegangan yang signifikan, sehingga sistem dinyatakan mampu menyediakan daya sesuai kebutuhan beban dengan efisiensi yang memadai.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable dengan daya rencana 500 Watt, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. **Rancangan sistem pembangkit listrik tenaga air portable** berhasil dibuat dengan memanfaatkan turbin reaksi berbahan PVC, sistem transmisi puli berukuran 14 inci : 8 inci, serta generator DC tipe Permanent Magnet (PMDC). Desain yang dihasilkan bersifat portable, sederhana, dan dapat diaplikasikan pada aliran sungai dengan kecepatan arus sedang.
2. **Pemanfaatan energi listrik yang dihasilkan** dapat dilakukan melalui integrasi rangkaian elektronika daya, yaitu penggunaan step-down buck converter untuk menurunkan tegangan keluaran generator (hingga 80 V) menjadi tegangan pengisian baterai aki sebesar 14 V. Energi listrik yang tersimpan dalam aki kemudian dapat disalurkan melalui inverter pure sine wave 1000 W sehingga mampu digunakan untuk peralatan listrik rumah tangga berbeban AC.
3. **Hasil pengujian sistem** menunjukkan bahwa generator mampu beroperasi efektif pada rentang putaran 400–500 RPM (setara dengan putaran turbin 228,57–285,71 RPM). Pada rentang tersebut, tegangan keluaran berada pada kisaran 13,5–14,9 V dengan beban resistif 500 Ω . Tegangan ini cukup untuk proses pengisian aki 12 V 75Ah, yang terbukti dapat meningkat dari kondisi awal *deep discharge* hingga penuh. Selain itu, saat diuji dengan inverter, sistem mampu menyalakan beban AC hingga 500 W dengan efisiensi rata-rata di atas 85%.
4. **Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.6**, sistem pembangkit listrik tenaga air portable dengan dukungan baterai aki 12V 75Ah dan inverter PSW 1000W terbukti mampu menyuplai beban hingga 500 Watt secara optimal dalam waktu 86 menit/ 1jam 26menit dengan efisiensi 88,5%. Hal ini menunjukkan bahwa generator yang digunakan memiliki kinerja yang andal untuk mengakomodasi kebutuhan daya menengah, sehingga dapat dijadikan acuan bahwa kapasitas rencana 500 Watt dapat tercapai secara maksimal.

Dengan demikian, penelitian ini telah menjawab rumusan masalah yang diajukan, yakni menghasilkan rancangan pembangkit listrik tenaga air portable yang mampu memanfaatkan aliran sungai sebagai sumber energi listrik alternatif, dapat dimanfaatkan untuk peralatan listrik melalui sistem penyimpanan energi pada aki, serta terbukti berfungsi dengan baik melalui hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Hakim, R. R. (2020). Model energi Indonesia, tinjauan potensi energi terbarukan untuk ketahanan energi di Indonesia: Sebuah ulasan. *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1).
- [2] PS, W. (2013). Pembangkit Listrik dengan Potensi Sumber Energi Setempat sebagai Wujud Pemerataan Energi Listrik di Desa Tertinggal dan Terpencil.
- [3] Nugraha, I. M. A., & Desnanjaya, I. G. M. N. (2025). *Peranan Solar Home System sebagai Listrik Pedesaan: Dampak Teknis, Ekonomi, dan Sosial*. Deepublish.
- [4] Haqiqi, A. Z. (2023). Penggunaan biomassa sebagai energi alternatif pembangkit listrik di wilayah pedesaan. *Journal of Optimization System and Ergonomy Implementation*, 1(1), 42-51..
- [5] Bandri, S., Premadi, A., & Andari, R. (2021). Studi perencanaan pembangkit listrik tenaga picohydro (pltp) rumah tangga. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 21(1).
- [6] Langer, J., Quist, J., & Blok, K. (2021). Review of renewable energy potentials in Indonesia and their contribution to a 100% renewable electricity system. *Energies*, 14(21), 7033.
- [7] Sofyan, M., & Sudana, I. M. (2022). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Berdasarkan Debit Air dan Kebutuhan Energi Listrik. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, 3(2).
- [8] L. A. J. Kasmin, B. D. Sulo, and M. J. Afroni, "Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) menggunakan turbin reaksi untuk daya 100 Watt," *Science Electro*, vol. 12, no. 2, pp. 55–62, 2020.
- [9] Surusa, F. E. P., Humena, S., & Laraga, R. (2022). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Air Sungai (PLTAS). *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(2), 224-228.
- [10] F. Azis and S. N. Fitri, "Rancang bangun trainer pembangkit listrik mikro hidro," *Jurnal Energi dan Aplikasi*, vol. 5, no. 2, pp. 77–83, 2020.
- [11] M. S. Hadi, B. D. Sulo, and O. Melfazen, "Prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan sistem penangkap angin 4 penjuru," *Science Electro*, vol. 14, no. 3, pp. 101–107, 2022.
- [12] Markkanen, S., Braeckman, J. P., & Souvannaseng, P. (2020). Mapping the evolving complexity of large hydropower project finance in low and lower-middle income countries. *Green Finance*, 2(2), 151.
- [13] Rendi, R., Arifin, J., Mujiburrahman, M., & Trianiza, I. (2020). Potensi pembangkit listrik tenaga air mikrohidro di sungai Pintab dan sungai Amandit Kalimantan Selatan. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 4(2), 46-52.
- [14] Anggara, M., & Ikram, F. D. (2025). PERANCANGAN KINCIR AIR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO ALIRAN HEAD RENDAH: Studi Kasus Di Desa Manemeng Kecamatan Brang Ene Kabupaten Sumbawa Barat. *Hexagon*, 6(2), 50-64.
- [15] Othmana, K. Micro-Tubular Turbines for Sustainable On-Farm Electricity Generation: Efficiency in Low-Head Water Sources.
- [16] Wenten, I. G., Khoiruddin, K., & Siagian, U. W. R. (2024). Green energy technologies: a key driver in carbon emission reduction. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 56(2), 143-192.
- [17] Ahammed, K. (2025). *Electric Power Regulation for a Novel Riverine Hydrokinetic Energy Conversion System* (Master's thesis, University of Alaska Fairbanks)..
- [18] Rajagukguk, R. L., Bangun, D. D., Manurung, D. A., Kurniawan, D., & Purba,

- J. A. (2023). Kajian Inverter Pure Sine Wave Terhadap Beban Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 100 Wp. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2), 70-78.
- [19] Alqyfary, H. F., Rabian, D. A., Fardin Hasibuan, S. T., & Harahap, R. R. (2025). *TURBIN PELTON MINI SEBAGAI ALAT PEMBANGKIT LISTRIK DI ISOLATED AREA*. Cendikia Mulia Mandiri.
- [20] Aditya, I. A., Wijayanto, T., & Hakam, D. F. (2025). Advancing Renewable Energy in Indonesia: A Comprehensive Analysis of Challenges, Opportunities, and Strategic Solutions. *Sustainability*, 17(5), 2216.