



Analisis Pemanfaatan Aliran Sungai Pelayangan Bogor untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Turbin *Crossflow*

Abdul Muis¹, Sulanjari², Agustina Dyah Setyowati³, Ade Irawan⁴

^{1,2,4} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

³ Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : ² dosen01182@unpam.ac.id

Masuk: 21 April 2026

Direvisi: 14 Mei 2026

Disetujui: 15 Mei 2026

Abstract: *The utilization of water energy as a renewable energy source through micro-hydropower plants (MHP) represents a viable solution to meet small-scale electricity demands, particularly in areas that are not yet connected to conventional power grids. This study aims to analyze the performance of a crossflow turbine through laboratory-scale testing and direct field testing in the Pelayangan River, Bogor. Laboratory-scale testing showed that the turbine achieved efficiencies of 36% in the first test, 36% in the second test, and 39% in the third test, resulting in an average efficiency of 37%. These results indicate that the turbine design and construction have not yet met the expected technical criteria, as the efficiency remains below the standard range for crossflow turbines in micro-hydropower applications, which is 60–80%. Nevertheless, the turbine was able to generate an average electrical power output of 109 Watts. Therefore, further testing was conducted in the Pelayangan River to evaluate the turbine's performance under actual field conditions. The results of field testing in the Pelayangan River, Bogor, showed average flow velocities of 5.93 m/s in the first test, 7.52 m/s in the second test, and 8.50 m/s in the third test, with an overall average of 7.25 m/s, which was used as the representative river flow condition. The calculated input power of the river flow averaged 159 Watts in the first test, 195 Watts in the second test, and 231 Watts in the third test, resulting in an overall average of 193 Watts. Meanwhile, the turbine output power averaged 96 Watts in the first test, 100 Watts in the second test, and 97 Watts in the third test, with an overall average of 98 Watts. The corresponding turbine efficiencies were 63%, 54%, and 47%, respectively, indicating that variations in flow velocity and river conditions significantly affect the turbine's performance and efficiency. Based on these findings, it can be concluded that the Pelayangan River in Bogor has the potential to be utilized as a micro-hydropower energy source using a crossflow turbine, provided that the characteristics of the river flow are carefully considered.*

Keywords: *renewable energy, micro hydropower plant, crossflow turbine, pelayangan river, output power, efficiency.*

Abstrak: Pemanfaatan energi air sebagai sumber energi terbarukan melalui pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) merupakan salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik skala kecil, khususnya di daerah yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja turbin *crossflow* pada pengujian skala laboratorium serta pengujian langsung di Sungai Pelayangan, Bogor. Pengujian skala laboratorium menunjukkan bahwa efisiensi turbin *crossflow* pada pengujian pertama sebesar 36%, pengujian kedua 36%, dan pengujian ketiga 39%. Dengan demikian, dari ketiga pengujian tersebut diperoleh nilai efisiensi rata-rata sebesar 37%. Hasil ini menunjukkan bahwa desain dan konstruksi turbin belum memenuhi kriteria teknis yang diharapkan, karena nilai efisiensi yang diperoleh masih berada di bawah standar efisiensi turbin *crossflow* untuk skala mikrohidro, yaitu sebesar 60–80%. Meskipun demikian, turbin mampu menghasilkan daya listrik rata-rata sebesar 109 Watt. Oleh karena itu, penelitian dilanjutkan dengan pengujian di Sungai Pelayangan untuk memastikan bahwa turbin dapat beroperasi dengan baik pada kondisi lapangan. Hasil pengujian di Sungai Pelayangan, Bogor menunjukkan kecepatan aliran rata-rata sebesar 5,93 m/s pada pengujian pertama, 7,52 m/s pada pengujian kedua, dan 8,5 m/s pada pengujian ketiga dengan nilai rata-rata keseluruhan 7,25 m/s yang digunakan sebagai dasar aliran Sungai Pelayangan. Perhitungan daya menunjukkan nilai rata-rata daya input aliran sungai sebesar 159 Watt pada pengujian pertama, 195 Watt pada pengujian kedua, dan 231 Watt pada pengujian ketiga, dengan nilai rata-rata 193 Watt. Sedangkan daya keluaran turbin mempunyai rata-rata 96 Watt pada pengujian pertama, 100 Watt pada pengujian kedua, dan 97 Watt pada pengujian ketiga, dengan nilai rata-rata

pengujian 98 Watt. Nilai efisiensi turbin *crossflow* masing-masing sebesar 63%, 54%, dan 47% menunjukkan bahwa variasi kecepatan dan kondisi aliran Sungai Pelayangan berpengaruh terhadap kinerja dan efisiensi turbin. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa Sungai Pelayangan, Bogor memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan turbin *crossflow* dengan mempertimbangkan karakteristik aliran sungai.

Kata kunci: energi terbarukan, PLTMH, turbin *crossflow*, sungai pelayangan, daya keluaran, efisiensi.

PENDAHULUAN

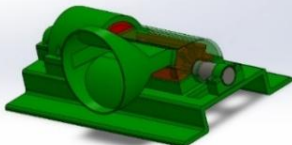
Pada zaman modern ini, kebutuhan akan energi sangat penting untuk mendukung perkembangan teknologi, pendidikan, serta kegiatan manusia, terutama bagi masyarakat yang tinggal di daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh sumber energi. Indonesia adalah negara yang sangat kaya akan sumber daya alam, termasuk memiliki perairan yang melimpah, seperti sungai dan sumber air pegunungan yang tersebar di berbagai wilayah. Air pegunungan di Indonesia amat banyak dan mudah ditemui; oleh sebab itu, pemanfaatannya sangat mudah dan bisa dialihkan sebagai sumber tenaga listrik [1]. Untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang tidak terbarukan, diperlukan energi alternatif yang dapat menggantikan energi fosil, yaitu melalui pemanfaatan energi terbarukan [2]. Energi terbarukan adalah energi yang dapat mengganti energi tidak terbarukan sebagai sumber daya utama. Oleh sebab itu, banyak sekali peneliti yang selalu mengembangkan energi terbarukan secara terus-menerus untuk keberlangsungan Indonesia. Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang cukup besar, seperti mikrohidro yang mampu menghasilkan energi sebesar 450 MW, energi surya dengan daya *output* 4,80 kWh/m² per hari, energi angin dengan kecepatan 3–6 m/s, biomassa yang menghasilkan 50 GW, dan energi nuklir yang mencapai 3 GW. Dengan energi yang dihasilkan, pemerintah perlu mengambil tindakan dalam penambahan kapasitas pembangkit listrik mikrohidro menjadi 2.846 MW untuk tahun 2026 mendatang [3].

Dalam upaya mewujudkan masa depan yang berkelanjutan, pemanfaatan energi terbarukan menjadi suatu kebutuhan yang mendesak. Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial dan layak dikembangkan adalah energi mikrohidro dari aliran sungai, khususnya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) [4]. Sungai sebagai sumber energi air memiliki karakteristik yang memungkinkan konversi energi kinetik air menjadi listrik secara efisien, terutama di daerah pedesaan dan pegunungan yang memiliki potensi aliran air dengan debit dan ketinggian yang memadai [5]. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan sistem pembangkit listrik berkapasitas kecil yang memanfaatkan aliran air untuk menggerakkan turbin, sehingga menghasilkan energi mekanik yang selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Keunggulan PLTMH terletak pada skala pembangkit yang sederhana, biaya investasi yang relatif rendah, dan dampak lingkungan yang minim, sehingga sangat cocok untuk memperluas akses listrik di wilayah terpencil yang sulit dijangkau jaringan listrik konvensional [2].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ardiansyah dkk. [4], studi pada Sungai Patihan di Kabupaten Madiun menunjukkan bahwa potensi sungai tersebut memiliki kecepatan aliran rata-rata 0,89 m/s dan memiliki debit air rata-rata 7,76 m³/s, serta menghasilkan daya dari PLTMH mencapai rata-rata 741 kW berdasarkan perhitungan manual dan 742,2 kW berdasarkan simulasi dengan *software* HOMER [6]. Selanjutnya, penelitian yang telah dilakukan oleh Suryanto dan Jundan Edi Sulistino [7], Sungai Itauwfily (Jaifuri) yang merupakan saluran buangan utama dari Danau Sentani memiliki karakteristik aliran yang stabil dan jernih serta kontur geografis yang mendukung. Penelitian ini menunjukkan bahwa sungai ini memiliki debit aliran sebesar 41,724 m³/detik = 41.724 L/s, tinggi jatuh air 8 meter, dan daya listrik potensial 3.274,5 kW. Nilai ini menunjukkan kapasitas besar untuk dijadikan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), yang berperan penting dalam penyediaan energi listrik lokal tanpa merusak lingkungan [8].

Terakhir, hasil penelitian yang dilakukan oleh Nurdin [9] yang dilatarbelakangi dengan kondisi pedesaan yang belum terjangkau jaringan listrik; desa tersebut memiliki Sungai Way Kunyir yang berpotensi untuk dijadikan PLTMH. Berdasarkan penelitiannya, Sungai Way Kunyir memiliki debit sebesar $Q = 0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan *head* (tinggi jatuh air) sebesar 20 m. Dengan asumsi efisiensi turbin dan generator sebesar 80%, maka daya listrik yang dihasilkan dari penelitiannya adalah sebesar 120.000 W = 120 kW [10]. Namun, penelitian terdahulu umumnya masih terbatas pada sungai dengan debit dan *head* besar secara teoretis. Oleh karena itu, kajian kinerja turbin *crossflow* pada sungai kecil berskala lokal dengan kondisi lapangan yang nyata masih terbatas.

METODOLOGI



Prosedur pengambilan data pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tiga bagian, meliputi Pengujian pada Turbin Skala Laboratorium, Analisis Hidrologi dan Perhitungan Debit Terukur pada Sungai Pelayangan, dan Pengujian Daya Input dan Daya Keluaran Turbin pada Sungai Pelayangan.

Langkah pertama dilakukan dengan mengukur tinggi jatuh air menggunakan *roll meter*. Metode yang digunakan yaitu membuat bak penampung sementara dengan bebatuan alam yang membentuk bendungan dengan pipa di bawahnya sebagai saluran aliran air. Pipa yang digunakan untuk akses air memiliki panjang 6 meter dengan diameter 3 inci dan meluncurkan air dari ketinggian 1,5 meter. Setiap air yang jatuh akan dihitung

kecepatannya menggunakan *current meter*. Selanjutnya, *current meter* digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air yang keluar pada pipa tersebut. Pengukuran kecepatan air akan dilakukan pada tiga waktu yang berbeda, yaitu pukul 10.00 WIB, 12.00 WIB, dan 14.00 WIB. Setiap pengujian dilakukan selama 30 menit dengan interval pengambilan data setiap 2 menit. Perhitungan waktu tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Waktu Pengujian

Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
10:00	12:00	14:00
10:02	12:02	14:02
10:04	12:04	14:04
10:06	12:06	14:06
10:08	12:08	14:08
10:10	12:10	14:10
10:12	12:12	14:12
10:14	12:14	14:14
10:16	12:16	14:16
10:18	12:18	14:18
10:20	12:20	14:20
10:22	12:22	14:22
10:24	12:24	14:24
10:26	12:26	14:26
10:28	12:28	14:28
10:30	12:30	14:30

Pengujian Daya Input dan Daya Keluaran Turbin pada Sungai Pelayangan

Setelah mendapatkan nilai standar efisiensi pada skala laboratorium, turbin akan diuji di Sungai Pelayangan untuk mendapatkan data keluaran pada lokasi tersebut. Metode yang digunakan yaitu membuat bak penampung sementara dengan bebatuan alam yang membentuk bendungan dengan pipa di bawahnya sebagai saluran aliran air. Pipa yang digunakan memiliki panjang 6 meter dengan diameter 3 inci dan mengalirkan air dari ketinggian 1,5 meter, yang kemudian dihubungkan ke turbin. Setelah itu, hasil putaran pada alternator yang ada pada turbin akan diperiksa daya keluarannya menggunakan voltmeter.



Gambar 3. Pengujian Sungai Pelayangan

Parameter dan Persamaan Perhitungan

Metode penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan perhitungan yang akan dilakukan untuk menganalisis kinerja turbin, yaitu:

1. Tekanan Air

Untuk mendapatkan tekanan air dari bak penampung, digunakan rumus:

$$P = \rho \cdot g \cdot H$$

Dimana:

- P = Tekanan air (pascal, kemudian dikonversikan ke bar)
- ρ = Massa jenis air (1000 kg/m^3)
- g = Percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)
- H = Tinggi jatuh air (m)

2. Kecepatan Aliran

Untuk menghitung kecepatan air dari bak penampung, diperlukan konversi tekanan ke kecepatan menggunakan rumus:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

Dimana:

- v = Kecepatan aliran (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)
- H = *Head* atau Tinggi jatuh air (m)

3. Debit Air

Data debit diperoleh melalui pengukuran langsung pada Sungai Pelayangan. Perhitungan debit air menggunakan rumus:

$$Q = A \cdot v$$

Dimana:

- Q = Debit air (m³/s)
- A = Luas penampang (m²)
- v = Kecepatan aliran (m/s)

4. Daya Input Turbin

Perhitungan daya input turbin pada Sungai Pelayangan menggunakan rumus:

$$P_{in} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Dimana:

- P_{in} = Daya input turbin (Watt)
- ρ = Massa jenis air (1000 kg/m³)
- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)
- Q = Debit air (m³/s)
- H = *Head* atau Tinggi jatuh air (m)

5. Daya Keluaran Turbin

Perhitungan daya listrik dilakukan setelah mendapatkan nilai tegangan (V) dan arus listrik (I). Besaran daya keluaran dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{out} = V \cdot I$$

Dimana:

- P_{out} = Daya keluaran turbin (Watt)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)

6. Efisiensi Turbin

Nilai efisiensi turbin diperoleh langsung melalui pengujian turbin *crossflow*. Data yang terkumpul akan dihitung menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{V \cdot I}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H} \times 100\%$$

Dimana:

- η = Efisiensi turbin
- P_{out} = Daya keluaran turbin (Watt)
- P_{in} = Daya input turbin (Watt)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)
- ρ = Massa jenis air (1000 kg/m³)
- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)
- Q = Debit air (m³/s)
- H = *Head* atau Tinggi jatuh air (m)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Pengujian Turbin Skala Laboratorium

Pengujian	Tekanan Aliran (bar)	Kecepatan Aliran (m/s)	Debit Aliran (m ³ /s)	Putaran Poros (rpm)	Tegangan (V)	Arus (A)	Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)
1	0,147	5,4	0,02	357	59	1,8	294	106	36
2	0,147	5,4	0,02	471	60	1,7	294	108	36
3	0,147	5,4	0,02	473	61	1,8	294	115	39

Daya keluaran yang dihasilkan pada turbin pengujian pertama adalah 106 Watt, pengujian kedua 108 Watt, dan pengujian ketiga 115 Watt. Efisiensi turbin yang diperoleh pada pengujian skala laboratorium berturut-turut adalah 36%, 36%, dan 39%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa turbin *crossflow* mampu mengonversi energi air menjadi energi mekanik dan listrik, namun dengan tingkat efisiensi rata-rata sebesar 37%. Hasil ini menunjukkan bahwa desain dan konstruksi turbin belum memenuhi kriteria teknis yang diharapkan jika merujuk pada standar efisiensi turbin *crossflow* skala mikrohidro yang idealnya berada di rentang 60–80%. Akan tetapi, dikarenakan turbin tetap mampu membangkitkan listrik dengan rata-rata 109 Watt, peneliti melanjutkan pengujian ke Sungai Pelayangan untuk memastikan kinerja turbin pada kondisi lapangan [4].

Tabel 3. Data Daya Input Turbin (P_{in})

Waktu (Menit)	Kecepatan v (m/s)			Debit Q (m ³ /s)			Putaran Poros (RPM)			Daya Input P_{in} (Watt)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0,0	0,0	0,0
2	6,22	6,60	6,40	0,010	0,011	0,011	655	625	644	157,6	166,2	161,8
4	7,16	4,52	6,70	0,012	0,007	0,011	656	590	605	179,5	113,3	169,2
6	4,34	5,47	14,30	0,007	0,009	0,024	931	730	1006	108,9	138,3	361,9
8	4,52	6,97	12,20	0,007	0,011	0,021	737	746	957	113,3	175,1	309,0
10	5,47	8,86	15,30	0,009	0,015	0,026	931	765	1114	138,3	223,6	388,4
12	7,92	7,73	10,30	0,013	0,013	0,017	772	625	980	200,1	195,7	261,9
14	8,67	7,35	9,90	0,014	0,012	0,017	645	643	710	219,2	185,4	251,6
16	5,61	6,97	6,20	0,009	0,011	0,010	789	817	779	142,7	175,1	157,4
18	5,84	10,7	9,60	0,010	0,018	0,016	772	614	650	147,1	270,7	242,7
20	6,97	11,5	11,10	0,011	0,019	0,019	776	620	863	175,1	289,8	281,0
22	6,22	7,16	6,70	0,010	0,012	0,011	631	664	682	157,6	180,9	170,6
24	6,60	7,73	4,50	0,011	0,013	0,007	642	620	598	166,1	195,7	113,3
26	5,28	9,05	5,80	0,009	0,015	0,010	645	611	632	132,4	228,0	147,1
28	7,73	6,60	11,60	0,013	0,011	0,020	687	610	769	195,7	166,2	294,3
30	6,03	8,86	6,60	0,010	0,015	0,011	667	616	669	151,4	223,6	166,2

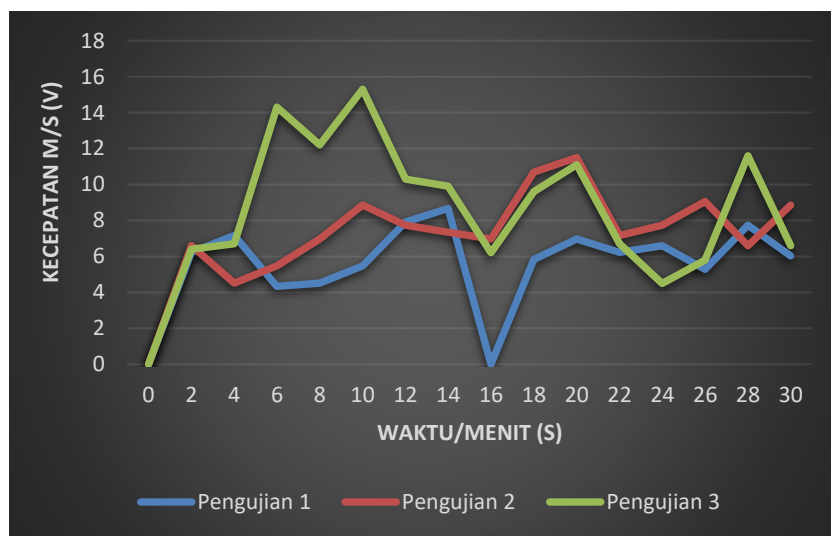
Tabel 4. Data Daya Keluaran Turbin (P_{out})

Waktu (Menit)	Tegangan V (Volt)			Arus I (Ampere)			Daya Keluaran P_{out} (Watt)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0	0
2	71	73	72	1,20	1,30	1,31	90	94	94
4	81	70	71	1,30	1,35	1,31	105	94	93
6	79	75	78	1,30	1,36	1,37	103	102	106
8	75	76	77	1,30	1,37	1,37	97	104	105
10	73	74	79	1,30	1,37	1,38	94	101	109
12	74	73	76	1,30	1,36	1,36	96	99	103
14	73	74	71	1,30	1,37	1,35	94	101	95
16	74	73	71	1,30	1,36	1,33	96	99	94
18	75	74	72	1,30	1,36	1,32	98	100	95
20	74	73	72	1,30	1,36	1,34	96	99	96
22	74	74	70	1,30	1,36	1,31	96	100	91
24	75	76	70	1,30	1,37	1,30	98	104	91
26	72	77	73	1,30	1,37	1,30	94	105	94
28	74	76	75	1,30	1,37	1,36	96	104	102
30	74	75	74	1,30	1,37	1,36	96	102	100

Tabel 5. Hasil Efisiensi Keseluruhan (η)

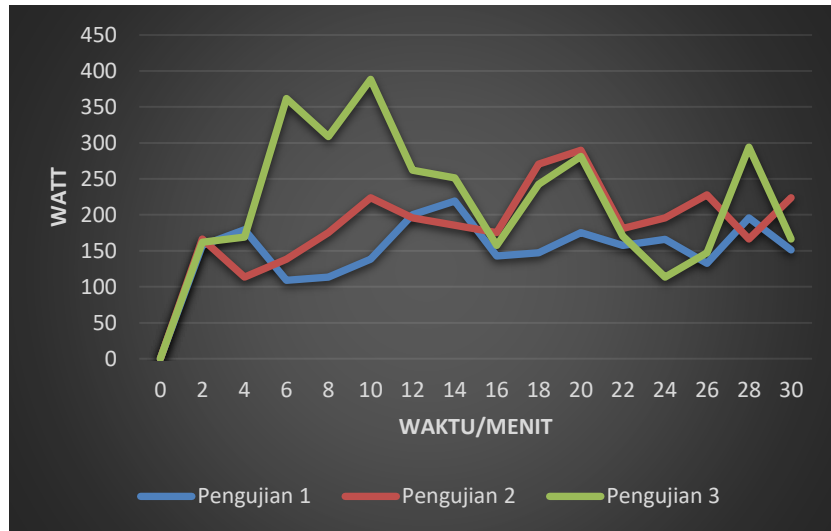
Waktu (Menit)	Daya Input P_{in} (Watt)			Daya Keluaran P_{out} (Watt)			Efisiensi η (%)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0
2	157,6	166,2	161,8	90	94	94	55	57	57
4	179,5	113,3	169,2	105	94	93	58	83	54
6	108,9	138,3	361,9	103	102	106	94	73	29
8	113,3	175,1	309,0	97	104	105	86	59	34
10	138,3	223,6	388,4	94	101	109	68	45	28
12	200,1	195,7	261,9	96	99	103	48	50	39
14	219,2	185,4	251,6	94	101	95	43	54	38
16	142,7	175,1	157,4	96	99	94	66	56	60
18	147,1	270,7	242,7	98	100	95	67	36	39
20	175,1	289,8	281,0	96	99	96	55	34	34
22	157,6	180,9	170,6	96	100	91	61	55	54
24	166,1	195,7	113,3	98	104	91	59	53	80
26	132,4	228,0	147,1	94	105	94	71	46	64
28	195,7	166,2	294,3	96	104	102	49	62	34
30	151,4	223,6	166,2	96	102	100	64	46	60

Hasil perhitungan tersebut kemudian ditampilkan ke dalam grafik.



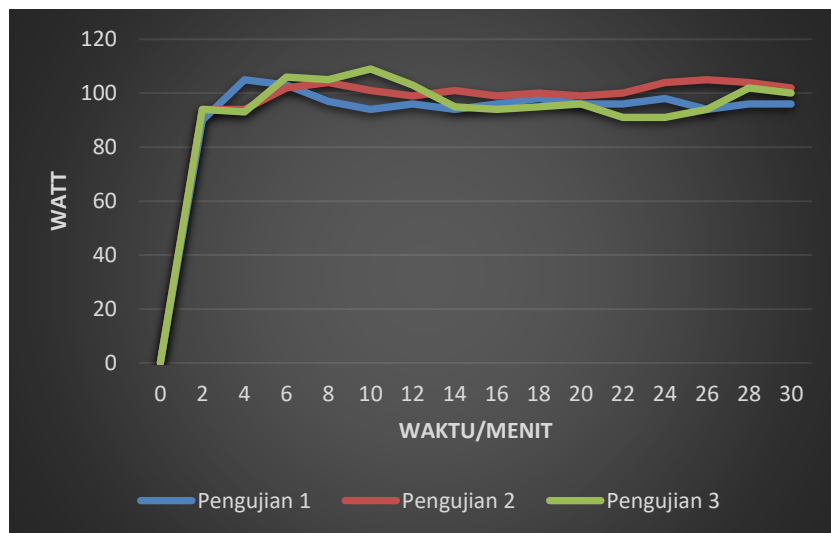
Gambar 4. Grafik Kecepatan Aliran

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu pada Sungai Patihan, Kabupaten Madiun, diperoleh rata-rata kecepatan aliran air sebesar 0,89 m/s dengan debit rata-rata 7,76 m³/s [4]. Sementara itu, pada penelitian ini diperoleh rata-rata kecepatan aliran sebesar 7,253 m/s, yang terdiri atas pengujian pertama sebesar 5,93 m/s, pengujian kedua 7,25 m/s, dan pengujian ketiga 8,5 m/s. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian terdahulu. Perbedaan nilai kecepatan aliran tersebut dipengaruhi oleh karakteristik sungai yang berbeda, seperti kemiringan aliran, kondisi penampang sungai, serta debit air saat pengambilan data. Selain itu, faktor lingkungan seperti curah hujan, perubahan debit sesaat, dan kondisi arus sungai juga memengaruhi hasil pengukuran kecepatan aliran air. Kecepatan aliran yang lebih tinggi pada penelitian ini menunjukkan bahwa energi kinetik air yang tersedia lebih besar, sehingga berpotensi menghasilkan daya pembangkit yang lebih optimal.



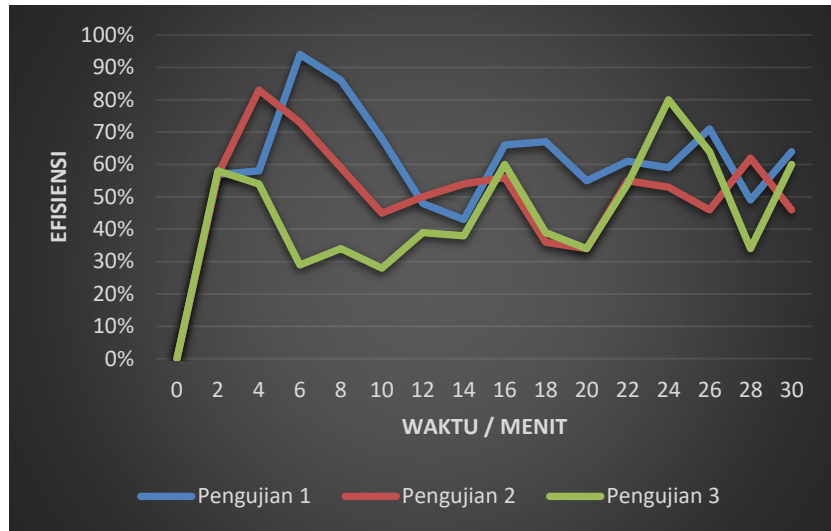
Gambar 5. Grafik Daya Input Turbin pada Sungai Pelayangan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh rata-rata daya input aliran Sungai Pelayangan sebesar 193 Watt, dengan rincian pengujian pertama sebesar 159 Watt, pengujian kedua sebesar 195 Watt, dan pengujian ketiga sebesar 231 Watt. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada Sungai Patihan yang menghasilkan rata-rata potensi daya sebesar 741 kW [4], maka daya pada penelitian ini tergolong jauh lebih rendah. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu debit aliran air dan tinggi jatuh air (*head*) yang digunakan. Penelitian di Sungai Patihan memiliki debit air rata-rata sebesar 7,76 m³/s dengan tinggi jatuh air mencapai 13 meter, sehingga mampu menghasilkan daya yang jauh lebih besar. Sementara itu, di Sungai Pelayangan, nilai debit dan kondisi *head* yang tersedia relatif lebih kecil. Meskipun demikian, hasil ini menunjukkan bahwa aliran Sungai Pelayangan tetap memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi mikrohidro skala kecil.



Gambar 6. Grafik Daya Keluaran Turbin pada Sungai Pelayangan

Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata daya keluaran turbin pada Sungai Pelayangan adalah sebesar 98 Watt, dengan rincian pengujian pertama sebesar 96 Watt, pengujian kedua 100 Watt, dan pengujian ketiga 97 Watt. Dibandingkan dengan penelitian di Sungai Patihan [4], daya keluaran pada penelitian ini tergolong jauh lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh perbedaan skala sistem, debit aliran, serta tinggi jatuh air. Penelitian ini dilakukan pada skala mikrohidro sederhana dengan kondisi aliran sungai yang mengalami fluktuasi kecepatan dan debit selama pengujian berlangsung. Variasi kondisi aliran tersebut menyebabkan daya keluaran pada setiap pengujian mengalami perubahan. Meskipun demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Sungai Pelayangan tetap berpotensi sebagai sumber energi listrik skala mikrohidro, khususnya untuk kebutuhan penerangan skala kecil di wilayah sekitar.



Gambar 7. Grafik Efisiensi Turbin pada Sungai Pelayangan

Berdasarkan hasil pengujian, nilai efisiensi turbin *crossflow* di Sungai Pelayangan menunjukkan rata-rata sebesar 63% pada pengujian pertama, 54% pada pengujian kedua, dan 47% pada pengujian ketiga. Jika dibandingkan dengan penelitian di Sungai Patihan yang menggunakan asumsi efisiensi turbin sebesar 75% [4], maka nilai efisiensi pada penelitian ini masih lebih rendah. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh kondisi operasional dan karakteristik aliran sungai. Pada penelitian terdahulu, kondisi aliran cenderung stabil sehingga efisiensi dapat dipertahankan secara konstan. Sementara itu, pada penelitian ini terjadi fluktuasi debit dan gangguan aliran akibat adanya sampah yang menyumbat, khususnya pada pengujian ketiga (menit ke-6 hingga ke-20), yang menyebabkan penurunan efisiensi secara signifikan. Selain kebersihan sungai, stabilitas *head* dan kontinuitas aliran air juga memengaruhi nilai efisiensi sistem PLTMH.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan aliran Sungai Pelayangan, Bogor, sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menggunakan turbin tipe *crossflow*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian menunjukkan daya keluaran berturut-turut sebesar 106 Watt, 108 Watt, dan 115 Watt, dengan rata-rata sebesar 109 Watt. Efisiensi yang dihasilkan masing-masing sebesar 36%, 36%, dan 39%, dengan nilai rata-rata 37%. Nilai ini menunjukkan bahwa desain dan konstruksi turbin belum memenuhi standar efisiensi turbin *crossflow* pada skala mikrohidro yang idealnya berkisar antara 60–80%. Meskipun demikian, turbin tetap mampu menghasilkan daya listrik yang cukup stabil, sehingga pengujian dilanjutkan pada kondisi lapangan di Sungai Pelayangan untuk mengevaluasi kinerja turbin secara lebih komprehensif.
2. Hasil pengujian di lapangan menunjukkan daya keluaran sebesar 96 Watt, 100 Watt, dan 97 Watt, dengan nilai rata-rata sebesar 98 Watt. Adapun efisiensi yang diperoleh berturut-turut adalah sebesar 63%, 54%, dan 47%, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 55%. Penurunan efisiensi pada pengujian lapangan, khususnya pada pengujian ketiga, dipengaruhi oleh fluktuasi debit air dan adanya hambatan aliran akibat sampah. Secara keseluruhan, Sungai Pelayangan memiliki potensi yang layak untuk dikembangkan sebagai sumber energi listrik skala mikrohidro dengan memperhatikan aspek pemeliharaan kebersihan aliran sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Anam, I. Sunaryantiningsih, and I. T. Yuniahastuti, "Analisa Potensi Sumber Daya Air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)," *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 3, no. 1, pp. 08–18, 2022, doi: <https://doi.org/10.25273/electra.v3i01.13485>.
- [2] R. Rahmania and Rudini, "Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Pelton Dengan Variasi Dua Nozel," Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2022.
- [3] M. Fadly, M. Nasution, and M. R. Harahap, "Pengaruh Variasi Katup Terhadap Daya Turbin Pelton pada Pembangkit Listrik tenaga Mikrohidro," *Pist. (Jurnal Ilm. Tek. Mesin Fak. Tek. UISU)*, vol. 6, no. 2, pp. 127–131, 2022.

- [4] Ardiansyah, I. Sunaryantiningsih, and C. Sari, “Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Patihan Kabupaten Madiun,” *Set-up J. Keilmuan Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 177–186, 2023, doi: <https://doi.org/10.25273/set-up.v1i2.17539.177-186>.
- [5] A. Sanjaya, “Pengaruh Modifikasi Torak terhadap Performa Sepeda Motor,” *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 17–20, 2017.
- [6] D. Kurniawan, E. Sutoyo, and B. Hartono, “Analisa Uji Impak pada Biji Melinjo dengan Menggunakan Alat Press Primover Compressed Air,” *ALMIKANIK*, vol. 2, no. 3, pp. 106–112, 2021.
- [7] Suyatno and J. E. Sulistiono, “Analisa Potensi Sungai Itauwfily (Jaifuri) untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro,” *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2018.
- [8] N. K. Hia and O. Hulu, “Analisis Konservasi Energi Dalam Sistem Fisika,” *J. Ilmu Ekon. Pendidik. Dan Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 77–82, 2024, doi: <https://doi.org/10.70134/identik.v1i2.97>.
- [9] Nurdin, “Analisis Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dengan Pembuatan Kolam Tando Studi Kasus Sungai Way Kunyir Menggunakan Jenis Turbin Crossflow,” *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 5–12, 2017.
- [10] Maridjo, “Studi Perencanaan Turbin Air PLTMH di Sungai Cilaki,” *J. Tek. Energi*, vol. 10, no. 1, pp. 29–35, 2020.