

Studi Analisis Potensi PLTMH di Sungai Welang Kecamatan Purwodadi Kabupaten Pasuruan

Nur Ulfa Mauludina¹, Yasmin Fakhira Ichsan², Millatina Fadhilah³

^{1,2,3}Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Korespondensi : nurulfamauludina.01@gmail.com

Received: Juli 2023; Accepted: September 2023; Published: November 2023

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i2.122>

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi potensi pemanfaatan energi listrik dari Sungai Welang melalui Pendirian Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sebagai solusi terhadap kekurangan pasokan listrik di daerah yang masih terisolasi. Sungai Welang dipilih karena karakteristiknya yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan. Penduduk sekitar Sungai Welang telah lama mengandalkan sumber daya alam ini, namun potensi penuhnya belum sepenuhnya dimanfaatkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa Sungai Welang memiliki potensi yang signifikan, dengan PLTMH dapat menyumbang sekitar 0,036% dari kebutuhan energi listrik di Kabupaten Pasuruan. Studi melibatkan analisis debit air, elevasi sungai, dan karakteristik aliran air. Meskipun demikian, evaluasi rutin diperlukan untuk memastikan keberlanjutan dan ketersediaan listrik dari PLTMH dalam jangka panjang.

Kata kunci: Energi terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro, Elevasi sungai.

Abstract

This research aims to explore the potential utilization of electrical energy from the Welang River through the establishment of a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) as a solution to the shortage of electricity supply in isolated areas. The Welang River was chosen due to its highly potential characteristics for development as a renewable energy source. The population around the Welang River has long relied on this natural resource, but its full potential has not been fully utilized. The analysis results show that the Welang River has significant potential, with PLTMH contributing about 0.036% of the electricity needs in Pasuruan Regency. The study involves the analysis of water discharge, river elevation, and water flow characteristics. Nevertheless, routine evaluations are required to ensure the sustainability and availability of electricity from PLTMH in the long term.

Key words: Renewable energy, Micro Hydro Power Plant, River elevation

I. PENDAHULUAN

Dalam konteks upaya global untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat, perhatian terhadap pemanfaatan sumber energi terbarukan semakin mendalam. Dalam kerangka ini, Sungai Welang, dengan karakteristiknya yang sangat potensial, muncul sebagai fokus utama untuk dikembangkan sebagai sumber energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga *Mikro Hidro* (PLTMH).

Penduduk di sekitar Sungai Welang telah lama mengandalkan sumber daya alam ini untuk keperluan sehari-hari mereka. Namun, meskipun potensi energi listrik yang terkandung dalam sungai ini cukup besar, pemanfaatannya belum sepenuhnya terealisasi. Dengan didirikannya PLTMH di daerah ini, langkah ini diharapkan dapat memberikan solusi konkrit terhadap tantangan pasokan listrik, terutama di daerah yang masih terisolasi. Keunggulan PLTMH sebagai sumber energi terbarukan, bersih, dan andal menjadi fokus utama dalam merespon kebutuhan energi lokal.

Namun, pemanfaatan energi *Mikro Hidro* di Sungai Welang bukan hanya tentang mengatasi kekurangan pasokan listrik semata. Ini melibatkan studi mendalam yang mencakup pemetaan kondisi hidrologi sungai, analisis topografi, dan evaluasi teknis untuk memastikan bahwa pemanfaatan energi air dapat diintegrasikan secara optimal dengan kebutuhan masyarakat sekitar. Studi ini merupakan pondasi utama dalam mendirikan PLTMH sebagai solusi berkelanjutan dan efisien.

PLTMH memiliki prinsip kerja yaitu jumlah air yang jatuh (debit) meter per detik dan juga beda ketinggian yang mengalir melewati pipa dimanfaatkan sehingga menghasilkan daya listrik. Umumnya aliran sungai memiliki debit

air dan tinggi jatuh yang dapat di manfaatkan untuk PLTMH. Turbin air di gerakkan oleh energi dari air yang bergerak (dikarenkan terdapat beda ketinggian) kemudian Energi listrik dihasilkan dari generator yang diputar akibat perputaran dari poros turbin[1].

Proses pembangunan PLTMH juga memberikan dampak positif pada perekonomian lokal. Dengan melibatkan sumber daya manusia lokal untuk pembangunan dan pemeliharaan, pembangunan ini menciptakan lapangan kerja baru dan memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar. Keberlanjutan PLTMH juga diarahkan untuk memberikan akses listrik yang lebih baik, mendukung aktivitas pendidikan, dan meningkatkan layanan kesehatan di daerah tersebut.

Melalui studi mendalam tentang pemanfaatan potensi energi listrik dari Sungai Welang dengan mendirikan PLTMH, diharapkan bahwa proses ini akan membuka peluang baru untuk pembangunan berkelanjutan. Ini tidak hanya akan meningkatkan ketersediaan listrik, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang semakin terbatas. Dengan menekankan studi pemanfaatan potensi energi listrik di Sungai Welang melalui didirikannya PLTMH, langkah ini menjadi inti dari upaya menuju pemanfaatan energi terbarukan yang berkelanjutan dan bermanfaat jangka panjang bagi masyarakat lokal serta lingkungan sekitar.

II. METODE PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan bagaimana penelitian dilakukan. Pada bagian ini akan dijelaskan tentang analisa situasi, cara pengukuran dan pengambilan data serta analisis potensi daya.

A. Analisa Situasi

Pada tahap ini merupakan awal dari studi pemanfaatan, hal-hal yang dilakukan yaitu menentukan lokasi yang akan dijadikan bahan pemanfaatan sebagai perencanaan PLTMH, kemudian mempelajari topik permasalahan dengan studi pustaka.

1. Lokasi

Studi pemanfaatan ini dilakukan di Kawasan hutan Gunung Baung ditunjuk sebagai taman wisata alam dengan luas 195,5 Ha yang terletak di Desa Cowek, Kecamatan Purwodadi, Kabupaten Pasuruan. Adapun sungai welang yang berada di wilayah Gunung Baung ini terletak pada titik koordinat -7.800391, 112.747740. Titik lokasi rencana pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi taman wisata Gunung Baung

B. Pengukuran dan Pengambilan Data

1. Kecepatan Aliran

Metode sederhana untuk mengukur kecepatan aliran air adalah dengan menggunakan alat apung. Kecepatan aliran air adalah hasil pembagian jarak dengan waktu tempuh alat apung mengikuti aliran air. Kekasaran dasar sungai harus diperhitungkan dalam metode ini. Oleh karena itu kecepatan yang dihitung berdasarkan jarak dan

waktu tempuh dan perlu dikoreksi dengan faktor kekasaran sungai. Kecepatan aliran sungai dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$V = \frac{L}{t} \times c \quad (1)$$

Dimana:

V = Kecepatan (m/s)
L = Panjang Lintasan (m)
t = Waktu Tempuh (s)
c = Faktor Koreksi (0.85)

2. Luas Penampang Sungai

Pengukuran luas penampang basah saat sungai tidak dalam keadaan banjir yaitu sesudah atau sebelum banjir. Pengukuran paling lambat dua penampang melintang yaitu di hulu dan di hilir yang merupakan titik awal dan titik akhir lintasan penampang. Luas penampang didapat dengan cara merata-ratakan luas kedua penampang basah yang telah diukur. Luas penampang basah sungai adalah penampang vertical sungai yang terisi air. Perhitungan luas penampang basah tersebut bergantung pada ketinggian air sungai saat itu terhadap profil sungai yang telah dibuat sebelumnya. Persamaan (2) merupakan rumus perhitungan luas penampang sungai.

$$A = L \times H \quad (2)$$

Dimana:

A = Luas penampang basah (m²)
L = Lebar saluran (m)
H = Ketinggian saluran (m)

3. Pengukuran Debit Air

Debit merupakan jumlah air yang mengalir di dalam saluran atau sungai per unit waktu. Metode yang umum diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai (cross section). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas

penampang vertikal sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air [2]. Maksud dan metode ini adalah untuk mengetahui apakah debit air yang tersedia mampu untuk menggerakkan turbin sesuai dengan daya yang diinginkan. Debit air dihitung berdasarkan perkalian antara luas penampang basah sungai dengan kecepatan aliran air.

Terdapat banyak metode pengukuran debit air. Diantaranya adalah untuk sistem konversi energi skala besar, pengukuran debit dapat berlangsung bertahun-tahun sedangkan untuk sistem konversi energi skala kecil waktu pengukuran dapat lebih pendek [3]. Perkalian antara luas penampang basah sungai dengan kecepatan aliran air untuk mendapatkan nilai debit air bisa menggunakan Persamaan (3).

$$Q = A \times V \quad (3)$$

Dimana:

Q = Debit Aliran (m³/detik)
A = Luas Penampang Vertikal (m²)
V = Kecepatan Aliran Sungai (m/s)

4. Tinggi Jatuh Air

Tinggi jatuh air dapat diperoleh dengan mengurangi tinggi jatuh total dari permukaan air sampai pada permukaan air saluran bawah dengan kehilangan tinggi pada saluran air. Tinggi jatuh penuh adalah tinggi air yang bekerja efektif pada turbin yang sedang berjalan. Cara untuk mencari *Head Losses* menggunakan Persamaan (4).

$$H_l = \frac{1}{3} \times H_{act} \quad (4)$$

Adapun cara untuk menghitung *Head effectif* menggunakan Persamaan (5).

$$H_{off} = H_{act} - H_l \quad (5)$$

5. Efisiensi Turbin dan Generator

Jenis turbin yang digunakan adalah turbin *crossflow* karena konstruksinya lebih sederhana, ukurannya kecil dan lebih mudah dalam proses pembuatannya. Sedangkan rencana generator yang digunakan dalam PLTMH ini adalah generator sinkron. Turbin *crossflow* dispesifikasikan pada head 30 meter hingga 100 meter atau biasa disebut dengan *head* menengah [4].

Dalam menghitung daya yang dapat dihasilkan turbin terdapat efisiensi turbin yang perlu diperhitungkan semaksimal mungkin dikarenakan efisiensi turbin dapat berpengaruh dengan hasil daya yang dapat dibangkitkan turbin.

Untuk menghitung daya yang dihasilkan turbin dapat menggunakan Persamaan (6).

$$NT = 9,81 \times \eta_t \times Q \times H_{eff} \quad (6)$$

Dimana :

NT = Daya Turbin (kW)
 η_t = Efisiensi turbin
9,81 = Konstanta gravitasi
 H_{eff} = Tinggi jatuh efektif (m)
Q = Debit Air (m³/detik)

Sedangkan efisiensi generator dapat dihitung dengan Persamaan (7).

$$Ng = \eta_g \times NT \quad (7)$$

Dimana :

Ng = Daya Generator (kW)
NT = Daya Turbin (kW)
 η_g = Efisiensi generator

C. Analisis Potensi Daya

Potensi daya terbangkitkan tergantung pada hasil pengukuran debit air yang dihasilkan. Apabila debit air yang dihasilkan cukup besar maka potensi daya yang dihasilkan sangat besar. Tapi kalau sudah menggunakan

batas efisiensi tertinggi maka potensi daya yang dihasilkan berkurang. Perhitungan potensi daya yang dapat dimanfaatkan dapat dihitung menggunakan Persamaan (8).

$$P_{netto} = \frac{Ng}{\eta_g \times \eta_{tr}} \quad (8)$$

Dimana:

P_{netto} = Daya

η_{tr} = Efisiensi kopling flens (0,95)

η_g = Efisiensi generator

Sedangkan untuk menghitung banyaknya energi potensial yang dihasilkan pembangkit dalam satu bulan menggunakan Persamaan (9).

$$E = P \times t \times n \quad (9)$$

Dengan :

P = daya (kW)

n = Jumlah hari

t = Jumlah periode

E = Energi potensial (kWh)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan menjelaskan hasil pengolahan data.

A. Hasil Pengolahan Data

1. Debit Air

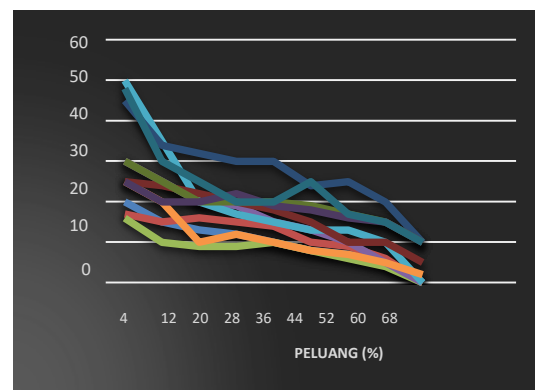
Guna mendapatkan kapasitas PLTMH, tidak terlepas dari perhitungan berapa banyak air yang dapat diandalkan untuk membangkitkan PLTMH. Debit andalan adalah debit yang masih dimungkinkan untuk keamanan operasional suatu bangunan air, dalam hal ini adalah debit rencana pada tahun yang dipilih dengan cara mengurutkan mulai debit terbesar sampai dengan debit terkecil, sehingga didapatkan peluang terjadinya debit selama satu tahun.

Hasil rekapitulasi disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 2. Debit yang

digunakan untuk perhitungan desain PLTMH adalah debit terpilih pada tahun 2010.

Tabel 1. Debit tahun 2010

Bulan	Periode	Debit (m^3/s)	Debit Terurut (m^3/s)	Peluang (%)
Januari	I	27.68	28.75	4.00
Januari	II	23.53	27.68	8.00
Februari	I	20.42	27.39	12.00
Februari	II	22.75	27.09	16.00
Maret	I	28.75	25.35	20.00
Maret	II	15.32	24.64	24.00
April	I	19.44	23.53	28.00
April	II	27.39	22.75	32.00
Mei	I	27.09	20.42	36.00
Mei	II	16.38	19.44	40.00
Juni	I	18.58	18.58	44.00
Juni	II	4.81	16.81	48.00
Juli	I	10.03	16.38	52.00
Juli	II	4.10	15.32	56.00
Agustus	I	1.84	13.55	60.00
Agustus	II	7.61	11.30	64.00
September	I	5.70	10.91	68.00
September	II	10.91	10.03	72.00
Oktober	I	11.30	7.61	76.00
Oktober	II	13.55	7.45	80.00
November	I	25.35	5.70	84.00
November	II	16.81	4.81	88.00
Desember	I	24.64	4.10	92.00
Desember	II	7.45	1.84	96.00



Gambar 2. Kurva durasi aliran sungai Welang

Debit air yang dijadikan dasar perhitungan dan desain PLTMH merupakan debit yang terpilih pada tahun 2010, yang merupakan titik referensi

penting dalam menentukan potensi energi yang bisa dihasilkan oleh sistem *mikro hidro*. Analisis mendalam terhadap data tersebut akan memberikan wawasan yang diperlukan dalam pengembangan dan optimalisasi PLTMH untuk memenuhi kebutuhan energi yang berkelanjutan.

Debit rencana pada tahun tersebut dapat dipilih dengan cara mengurutkan dari mulai debit terbesar sampai dengan debit terkecil, sehingga didapatkan peluang terjadinya debit selama satu tahun. Pada Tabel 1 dipilih debit dengan peluang terjadi 32% sesuai dengan (Anonim, 2007) sebesar 22,75 ($m^3/detik$).

2. Pipa Pesat

Pipa pesat merupakan pipa yang direncanakan untuk dapat menahan tekanan tinggi dan berfungsi untuk mengalirkan air dari kolam penampungan menuju turbin. Pipa pesat direncanakan dengan menggunakan pipa *Galvanized Iron* (GI).

Pipa pesat ini dipilih berdasarkan ketersediaan air juga kapasitas dari pembangkit itu sendiri. Pemasangan pipa pesat ini sudah sesuai dengan standart perencanaan pipa pesat yang mencakup pemilihan material, diameter, tebal dan jenis sambungan dan bahan pipa pesat terbuat dari baja [5].

- Diameter Pipa Pesat = 2,74 m
- Tebal Pipa Pesat = 97,68 mm

3. Pengukuran Tinggi Jatuh Air

Pengukuran tinggi jatuh air (*head*) dilakukan dengan menggunakan metode meteran pandang berupa *waterpass*. *Waterpass* adalah suatu alat ukur tanah yang dipergunakan untuk mengukur beda ketinggian antara titik-titik yang saling berdekatan. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan *waterpass* di antara titik atas dan titik bawah untuk mengukur ketinggian di lokasi perencanaan pembangunan PLTMH. Hasil pengukuran diperoleh berupa gambar

peta kontur dengan jarak dan tinggi sekitaran lokasi. Setelah didapatkan perkiraan *Hgrosss* (kotor), dilakukan penentuan *Hnetto* (bersih) yang berhubungan dengan perencanaan bangunan sipil [6].

Dari pengukuran diperoleh data elevasi di titik dibawah (X) adalah 226,18 mdpl dan data elevasi di titik bawah (Y) adalah 213,25 mdpl. Bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kontur Ketinggian Jatuh Air

Kemudian dilakukan perhitungan perbedaan elevasi atas dengan bawah untuk mengetahui ketinggian *head*.

$$\begin{aligned} H_{act} &= \text{Elevasi atas} - \text{Elevasi bawah} \\ &= 226,18 - 213,25 \\ &= 12,93 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_l &= \frac{1}{3} \times 12,93 \\ &= 4,31 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} H_{eff} &= H_{act} - H_l \\ &= 12,93 - 4,31 \\ &= 8,62 \end{aligned}$$

Berdasarkan pengukuran diperoleh *head actual* setinggi 12,93 m. *Head* yang diperlukan adalah *head* efektif sehingga dilakukan perhitungan yang menghasilkan *head* efektif setinggi 8,62 m.

4. Kecepatan Spesifik

Berdasarkan spesifikasi teknis turbin dan mempertimbangkan ketersediaan turbin yang sudah ada maka digunakan turbin bertipe *crossflow* dengan kecepatan spesifik, yang besarnya berkisar antara 2 sampai 16, menurut Mockmore, hasil eksperimen yang dilakukan menunjukkan bahwa, efisiensi maksimum terjadi pada harga $N_s = 14$. maka digunakan asumsi bahwa turbin bekerja dengan efisiensi maksimum dengan $N_s = 14$.

5. Daya pada Turbin

Perhitungan daya yang dihasilkan oleh turbin *mikro hidro* dimulai dengan mengukur debit air yang mengalir serta tinggi jatuh air, kemudian menggunakan rumus daya hidrolik yang melibatkan kedua faktor tersebut.

Dengan hasil perhitungan yang didapat sebelumnya:

$$\begin{aligned} \eta_t &= 70\% \\ Q &= 22,75 \text{ (m}^3\text{/detik)} \\ H_{eff} &= 8,62 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, daya yang dapat dibangkitkan turbin adalah 1346,65 kW atau 1,3 MW.

6. Generator yang Dibutuhkan

Generator yang digunakan adalah generator pembangkit listrik AC. Untuk memilih kemampuan generator dalam menghasilkan energi listrik disesuaikan dengan perhitungan daya dari data hasil survei [8].

Analisis kapasitas daya perlu dilakukan dalam menentukan jenis dan spesifikasi generator yang sesuai dengan kebutuhan beban. Daya yang mampu dibangkitkan generator yaitu bisa dihitung menggunakan Persamaan (7).

Dengan mengetahui luas penampang aliran air dan kecepatannya, serta mempertimbangkan efisiensi dari

turbin [7]. Proses ini penting dalam merencanakan dan mengoptimalkan pembangkit listrik tenaga *mikro hidro* untuk memaksimalkan hasil energi yang dihasilkan. untuk menghitung daya yang dihasilkan turbin menggunakan Persamaan (6).

$$\eta_g = 80\%$$

Maka, daya generator yang dibutuhkan adalah 1,07 MW, Dengan daya yang dibangkitkan generator sebesar 1,07 MW, maka kapasitas generator yang dibutuhkan yaitu bertambah 20% dari daya generator untuk menjaga keandalan sistem.

$$N_g = 1,07 \rightarrow 1,33 \text{ MW}$$

Maka didapatkan data generator yang akan digunakan sebagai berikut:

- $P = 1330 \text{ kW} / 1,33 \text{ MW}$
- $V = 400\text{V}/230\text{V}$
- $I = 3325\text{-}5782\text{A}$
- $P_f = 0,8$
- $F = 50\text{Hz}$
- $\text{Speed} = 1500 \text{ RPM}$
- $\text{Type} = \text{Generator Sinkron}$

7. Perhitungan Daya dan Energi

Kapasitas debit air mempengaruhi terhadap kapasitas daya listrik yang mampu dihasilkan oleh PLTMH. Untuk mencari potensi daya terbangkitkan dengan menggunakan batas efisiensi terendah adalah seperti pada Persamaan (8). Dengan hasil perhitungan yang didapatkan sebelumnya. Maka, potensi daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh generator dan dapat dimanfaatkan energinya sebesar 1750 kW atau 1.7 MW.

Adapun jadwal penggunaan generator dengan memperhitungkan keadaan tertentu seperti keadaan *maintenance* yang dilakukan setiap seminggu sekali sehingga generator

hanya bekerja selama 26 hari dalam sebulan. Jadwal *maintenance* dapat dilihat pada Tabel 2.

Perhitungan banyaknya energi potensial yang dihasilkan pembangkit dalam satu bulan menggunakan Persamaan (9).

Tabel 2. Jadwal Maintenance

Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Pada perhitungan daya dan energi masing masing keandalan menghasilkan energi tahunan sesuai dengan kapasitas terpasang. Setiap keandalan memiliki beberapa alternatif kapasitas terpasang sesuai dengan energi potensial yang

dihasilkan. Maka, energi yang dihasilkan pembangkit dalam satu bulan adalah 1.260.000 kWh atau 1.260 MWH. Daftar konsumsi energi listrik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsumsi Energi Listrik

Konsumsi Energi Listrik Menurut Kantor Cabang dan Golongan Tarip Tahun 2016	
Kantor Cabang	Jumlah (MWH)
Surabaya Selatan	3.952.587
Surabaya Utara	2.510.632
Malang	2.279.819
Pasuruan	3.412.546
Kediri	1.996.776
Mojokerto	3.703.107
Madiun	1.025.207
Jember	1.256.951
Bojonegoro	2.924.130
Banyuwangi	862.209
Pamekasan	974.507
Situbondo	498.827
Gresik	1.940.561
Sidoarjo	3.055.215
Surabaya Barat	1.895.565
Ponorogo	638.202
Jumlah	32.926.841

Berdasarkan data BPS Kab. Pasuruan, luas wilayah di Kabupaten Pasuruan yang mencapai 1.474,02 Km² dengan penduduk sejumlah 1.619.035 jiwa. Kebutuhan energi pada Kab.

Pasuruan dengan jumlah 24 Kecamatan. Maka PLTMH ini dapat men-*supply* sekitar kurang lebih 0,036% dari kebutuhan energi listrik di Kab. Pasuruan.

IV. SIMPULAN

Potensi energi listrik yang terdapat di Sungai Welang merupakan sumber daya yang sangat bernilai untuk pendirian PLTMH. Dengan melakukan perhitungan debit air, elevasi sungai, dan karakteristik aliran air sehingga dapat ditentukan bahwa sungai ini memiliki potensi yang cukup besar untuk menghasilkan listrik melalui PLTMH. Dan berdasarkan analisis potensi yang kami lakukan bahwa PLTMH ini dapat mensupply sekitar kurang lebih 0,036% dari kebutuhan energi listrik di Kab. Pasuruan.

PLTMH dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengatasi masalah kekurangan pasokan listrik di daerah yang memanfaatkan potensi Sungai Welang. Dengan memanfaatkan energi air sebagai sumber utama, PLTMH mampu memberikan kontribusi yang signifikan dalam menyediakan pasokan listrik yang stabil dan berkelanjutan. Namun, evaluasi perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa produksi listrik dari PLTMH dapat memenuhi kebutuhan dan menjaga ketersediaan listrik dalam jangka panjang.

V. RUJUKAN

- [1] I. Murtadlo, T. Wrahatnolo, S. I. Haryudo, M. Widyartono, "Analisis kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Embung Kuniran Kecamatan Sine Kabupaten Ngawi," *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 10, No. 3, 2021.
- [2] T. Marhendi, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Sungai Brukah (Kali Bening, Banjarnegara)," *Techno*, Vol. 20, No. 1, 2019.
- [3] M. D. Tobi, V. N. V. Harling, "Studi Perencanaan Pembangunan PLTMH Di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat," *Electro Luceat Journal*, Vol. 3, No. 1, 2017.
- [4] S. Harianja, S. Sebayang, T. Hasballah, "Studi Perencanaan Turbin Air Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Rahuning 70 KW," *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, Vol. 3, No. 2, 2022.
- [5] B. Simanjorang, S. Siahaan, J. L. Hutabarat, "Studi Analisis Eksitasi dan Governor Untuk Mengatur Tegangan dan Frekuensi Keluaran Generator Pada PLTMH Aek Raison I," *Jurnal Elpotecs*, Vol. 4, No. 2, 2021.
- [6] K. D. S. Widiarta, I. W. A. Wijaya, I. M. Suartika, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Desa Aan, Kabupaten Klungkung Provinsi Bali," *Jurnal SPEKTRUM*, Vol. 8, No. 3, 2021.
- [7] R. K. Ellanda, P. T. Juwono, R. Asmaranto, "Kajian Optimasi Energi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Kanzy I Di Kabupaten Pasuruan," *Jurnal Teknik Pengairan*, Vol. 9, No. 1, 2018.
- [8] D. P. Joseph, H. Tumaliang, L. S. Patras, "Feasibility Study Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Akessimbeke Pulau Siau," Skripsi, Manado: Universitas Sam Ratulangi, 2022.
- [9] B. Y. Dewantara, I. D. P. Karyatanti, D. Rahmatullah, Nuhman, I. Winarno, "Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Pengisi Daya Kendaraan Listrik," Surabaya: Hang Tuah University Press, 2024.
- [10] B. Y. Dewantara, "Potensi Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas di Kecamatan Bluto Desa Kapedi," *Cyclotron*, Vol. 7, No. 02, 2024.

- [11] B. Y. Dewantara, “Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik untuk Penggerak Perahu Nelayan Bertenaga Surya,” *Cyclotron*, Vol. 3, No. 1, 2024.
- [12] B. Y. Dewantara, “Perancangan Perahu Nelayan Ramah Lingkungan Menggunakan Motor Listrik Bertenaga Surya,” *Cyclotron*, Vol. 2, No. 1, 2019.
- [13] M. T. Setiawan, I. Winarno, B. Y. Dewantara, “Implementasi Internet of Things Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Solar Cell Berbasis Web,” *Journal of Electrical Engineering and Computer*, Vol. 3, No. 1, 2021.