

Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) Daya 8.1 kWatt untuk Masyarakat dengan Studi Kasus Usaha Terpadu Desa Caturanom

Suharto^{1*}, Moch Muqorrobin², Sarana³, Agus Suwondo³, Paryono¹

¹Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

²Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang, Semarang, 50275

³Akuntansi, Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Semarang, Semarang, 50275

Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

*E-mail: pakharto58@gmail.com

Diajukan: 29-11-2022; Diterima: 19-04-2023; Diterbitkan: 20-04-2023

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), merupakan satu implementasi dari *green energy initiative* yaitu mendorong energi terbarukan. Desa Caturanom, Kecamatan Parakan, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah mempunyai sumber tenaga air yang belum maksimal dimanfaatkan. Sementara kebutuhan listrik untuk usaha terpadu, peternakan, perikanan, pertanian, dan pengolahan sampah membutuhkan pasokan listrik. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis PLTMH yang dapat digunakan untuk pengoperasian usaha terpadu berkelanjutan. Metode penelitian di mulai dengan studi pustaka, studi lapangan, merancang, membuat, dan menguji kinerjanya. Tenaga aliran air dengan tinggi jatuh (*head*) dan jumlah debit air mempunyai potensi membangkitkan listrik dengan turbin *crossflow*. Hasil penelitian instalasi gambar PLTMH daya kerja 8,1 [kWatt] dengan *head* 10 [m]; debit 126 [l/detik]. PLTMH digunakan penyediaan pasokan energi listrik yang murah dan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan operasional, *monitoring* dan kontrol usaha terpadu meliputi pertanian, peternakan, perikanan, dan pengolahan sampah. Dampak ekonomi yang ditimbulkan akibat penerapan teknologi PLTMH ini yaitu mampu meningkatkan pendapatan, ekonomi dan kesejahteraan usaha terpadu melalui penurunan biaya produksi, peningkatkan kuantitas, kualitas, dan daya saing produksi budidaya tanaman hortikultura. Sementara itu, dampak sosial yang ditimbulkan usaha terpadu dan masyarakat sekitar menjadi lebih peduli terhadap pentingnya sumber energi listrik terbarukan dan teknologi pemanfaatan energi bersih, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Kata kunci: PLTMH; Turbin *crossflow*

Abstract

Micro Hydro Power Plant (PLTMH), is an implementation of the green energy initiative, encouraging renewable energy. Caturanom Village, Parakan District, Temanggung Regency, Central Java has a source of hydropower that has not been optimally utilized. Meanwhile, electricity needs for integrated businesses, i.e. farming, fisheries, agriculture, and waste processing require electricity supply. The research objective is to analyze PLTMH that can be used for sustainable integrated business operations. The research method starts with literature study, field study, designing, manufacturing, and performance testing. The power of the water flow with the head and the amount of water discharge has the potential to generate electricity with a crossflow turbine. The results of the study of the working power of 8.1 [kWatt] MHP with a head of 10 [m]; discharge 126 [l/sec]. PLTMH is used to provide low cost and environmentally friendly electricity supply to meet operational needs, monitoring and control of integrated businesses including agriculture, farming, fisheries, and waste processing. The economic impact caused by the application of this PLTMH technology is being able to increase income, economy and welfare of integrated businesses through reducing production costs, increasing the quantity, quality and competitiveness of horticultural crop production. Meanwhile, the social impacts caused by integrated businesses and the surrounding community are becoming more concerned about the importance of renewable sources of electrical energy and technologies for utilizing clean, environmentally friendly and sustainable energy.

Keywords: *Micro Hydro Power Plant; Crossflow turbine*

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik yang menggunakan air sebagai tenaga penggerak dengan memanfaatkan ketinggian dan debit air dalam skala kecil. Sebagai contoh saluran irigasi, sungai ataupun air terjun. PLTMH cocok diterapkan di Indonesia dengan pertimbangan sumber daya air yang tersedia

cukup banyak. Manfaat yang diperoleh dari PLTMH adalah dapat menghasilkan listrik dan merupakan teknologi yang ramah lingkungan.

Keuntungan PLTMH dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis yang lain, biaya pengoperasian dan pemeliharaan PLTMH ini cukup murah karena menggunakan energi alam. Konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil oleh tenaga warga dengan pelatihan singkat pengoperasian dan perawatan. PLTMH tidak menimbulkan pencemaran dan dapat disinergikan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan, serta tidak berdampak pada ekologi di sekitarnya. Keterbatasan PLTMH diantaranya adalah kapasitas listrik yang dapat dihasilkan tergantung dari debit aliran dan ketinggian air, sehingga dapat terjadi penurunan saat musim kemarau; kapasitas pengguna listrik tergantung kapasitas PLTMH; dan jarak pengguna terhadap PLTMH tidak boleh terlalu jauh maksimal 2 [km] karena akan kehilangan banyak daya transfer akibat rugi-rugi penghantar.

Studi kasus pada penelitian ini dilakukan di Desa Caturanom, Kecamatan Parakan, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah. Desa Caturanom memiliki potensi PLTMH yang ada pada sungai Catgawen. Masyarakat Desa Caturanom yang aktif dalam usaha terpadu seperti pertanian, peternakan, perikanan dan pengolahan sampah dapat mengambil manfaat dari dilakukannya penelitian ini. Usaha terpadu tersebut antara lain Kelompok Usaha Binaan (KUB) Sejahtera Bersama di bidang pengolahan sampah organik dan anorganik, Kelompok Wanita Tani (KWT) Dewi Sri Dua dibidang budidaya tanaman hortikultura, Kelompok Ternak (KT) Sumber Rejeki I dan KUB Mendo Mulya di bidang peternakan domba dan Bumdes Jaya Mandiri di bidang pertanian dan perikanan. Tujuan Penelitian ini adalah untuk menentukan jenis turbin air yang sesuai dengan kondisi *head* dan debit air sungai Catgawen, Caturanom kemudian melakukan analisis kelayakan potensi PLTMH sebagai sumber energi untuk usaha terpadu masyarakat Desa Caturanom tersebut.

Penelitian berkaitan dengan PLTMH banyak dilakukan antara lain pada penelitian [1] dimana pemanfaatan air untuk penggerak pada turbin *crossflow* PLTMH di Desa Kebonagung, Kabupaten Temanggung Jawa Tengah. PLTMH tersebut memiliki desain kapasitas turbin sebesar 2 kW yang dimanfaatkan untuk pertanian holtikultura. Penelitian lain menyebutkan [2] tentang analisa kelayakan sebuah sumber air dengan *head* rendah yaitu 3 m namun debit besar dan stabil untuk PLTMH di Embung Kuniran Ngawi Jawa Timur. Penelitian tersebut memanfaatkan turbin jenis Kaplan [2]. Berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan terdapat jenis turbin yang digunakan untuk PLTMH antara lain turbin *crossflow* [1,3-4], Kaplan [5], turbin whirlpool [6] sampai dengan turbin pleton [7]. Penelitian-penelitian yang beragam tentang PLTMH tersebut pada umumnya melakukan uji unjuk kerja dari segi spesifikasi teknik seperti efisiensi turbin, daya yang dapat dibangkitkan dan variasi debit yang mengalir [1-9]. Karakteristik sumber mata air yang berpotensi untuk PLTMH menjadi ciri khas unik dalam penelitian-penelitian tersebut termasuk juga dengan penelitian ini. Selain itu, penelitian ini tidak hanya melakukan studi kelayakan spesifikasi teknis PLTMH namun juga studi kelayakan secara ekonomis. Studi kelayakan secara ekonomi akan memberikan gambaran penghematan yang dapat dilakukan dengan aplikasi PLTMH sebagai sumber energi bagi masyarakat.

2. Material dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Desa Caturanom, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah dengan potensi PLTMH pada aliran sungai Catgawen. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan atas pertimbangan bahwa potensi sungai Catgawet dirasa cukup untuk penerapan PLTMH serta jaraknya yang dekat dengan usaha terpadu masyarakat menjadikan penerapan PLTMH di daerah ini menjadi penting.

Metode penelitian dilakukan dengan urutan: (i) Studi pendahuluan; (ii) Survey lapangan; (iii) Studi literatur; (iv) Pengukuran debit air; (v) Pengukuran tinggi jatuh air (*head*); (vi) Perhitungan daya yang dihasilkan; (vii) Pemilihan jenis turbin; (viii) Studi kelayakan. Studi pendahuluan dilakukan atas dasar pengalaman peneliti dalam merancang dan

menerapkan PLTMH di lokasi lain yang berbeda [1]. Survey lapangan dilakukan melalui kunjungan ke lokasi Sungai Catgawet untuk melihat potensi sebagai PLTMH dan kebutuhan masyarakat akan sumber energi murah yang dapat mendukung usaha terpadu. Pengumpulan dan pencarian literatur terkait untuk memberikan wawasan lebih bagi peneliti dalam aplikasi erbagai macam jenis turbin air adalah langkah selanjutnya. Pengukuran debit air dilakukan dengan metode apung (*float method*). Pemilihan tempat pengukuran menjadi hal yang penting dalam *float method*. Tempat yang dipilih adalah bagian sungai yang lurus dengan perubahan lebar sungai, dalamnya air dan *gradient* yang kecil. *Float method* dilakukan dengan 3 buah pelampung dialirkan pada satu garis pengukuran aliran dan diukur kecepatan rata-rata pelampung tersebut. Pelampung tersebut dialirkan pada jarak tertentu kemudian dilakukan pencatatan waktu pelampung mengalir dari satu titik ke titik tertentu yang sudah ditentukan. Persamaan (1) digunakan untuk menghitung debit aliran, dimana Q adalah debit aliran ($m^3/detik$), V adalah kecepatan pelampung (m/s) dan K adalah koefisien pelampung.

$$Q = V.A.K \quad (1)$$

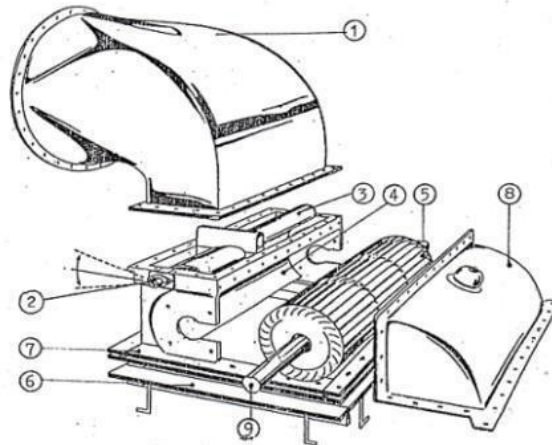
Pengukuran tinggi jatuh air (*head*) ini menggunakan alat pengukuran sederhana yaitu menggunakan benang nilon dan selang plastik bening diameter 10 [mm]. Cara kerja pengukuran menggunakan metode selang plastik: Pengukuran dimulai di atas elevasi permukaan air pada posisi *forebay* yang telah ditentukan. Pengukuran selanjutnya dengan melanjutkan pengukuran pada titik yang lebih rendah dari pengukuran sebelumnya. Lanjutkan pengukuran sampai lokasi turbin yang akan ditempatkan, jumlahkan seluruh hasil pengukuran untuk mendapatkan *head* ketinggian. Perhitungan daya yang dihasilkan PLTMH dilakukan dengan Persamaan (2), dimana P adalah daya teoritis yang dihasilkan (kW), g adalah percepatan gravitasi $9,81 m/s^2$ dan H adalah *head* (m). Pemilihan turbin dilakukan dengan pertimbangan debit dan head serta efisiensi. Tahapan terakhir yaitu analisa kelayakan dilakukan dengan menghitung daya paling stabil dan analisa ekonomi.

$$P = g.H.Q \quad (2)$$

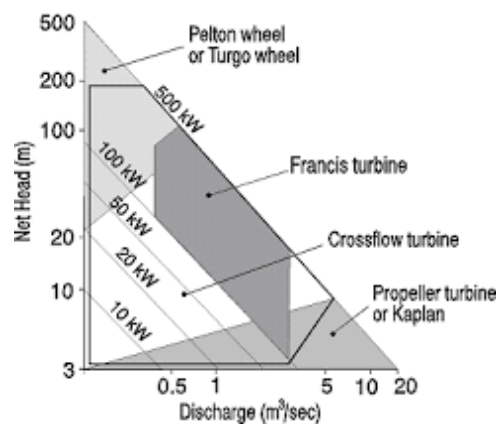
3. Hasil dan Pembahasan

Turbin yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis turbin crossflow. Turbin crossflow mempunyai keunggulan dimana dapat diatur agar agar efisiensinya tetap tinggi meskipun aliran air yang mengalir sangat kecil sekali, misalnya hanya seperempat atau 25 % dari debit aliran penuh / nominal. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1, dimana runner turbin *crossflow* tersebut dilengkapi piringan (*disc*) ditengah-tengah piringan yang ada, sehingga *runner* turbin menjadi 3 (tiga) bagian. Dengan cara tersebut maka jika aliran air (debit) yang ada sedang rendah, maka air dapat dialirkan hanya pada dua pertiga maupun sepertiga dari *runner*, dengan demikian efisiensinya turbin secara keseluruhan tetap tinggi meskipun aliran air yang ada hanya sebesar 25 % debit nominal.

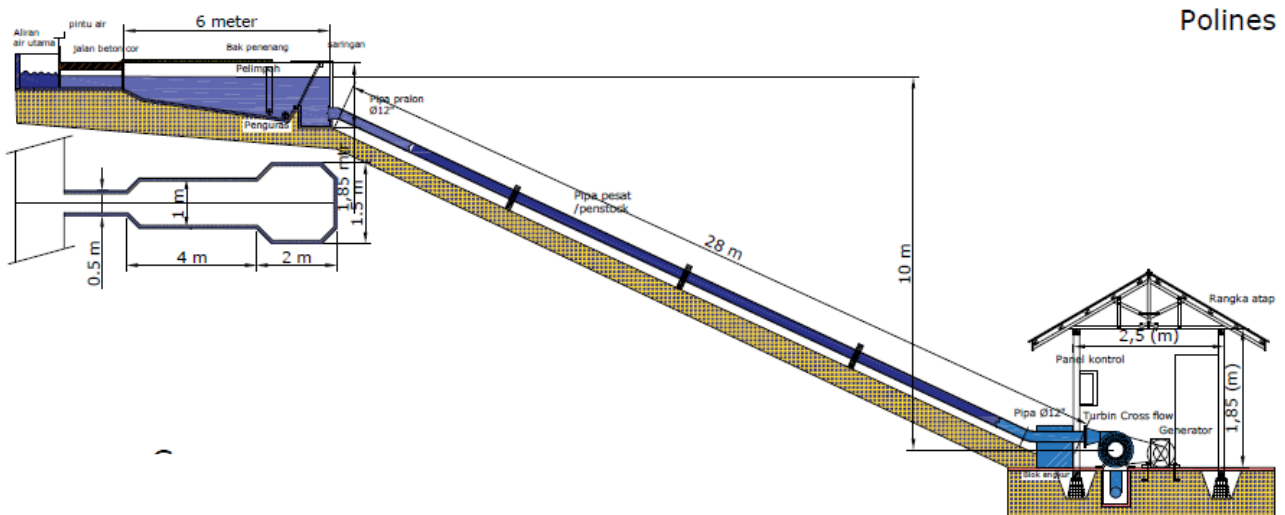
Gambar 1 menunjukkan komponen turbin *crossflow* yang terdiri dari: (1) Adapter; (2) Poros *guide vane*; (3) *Guide vane*; (4) *Nozzle*; (5) *Runner*; (6) Rangka pondasi; (7) Rumah turbin; (8) Tutup turbin; (9) Poros *runner*. Gambar 2 menunjukkan daerah operasi turbin *crossflow* sesuai dengan *head* dan debit. Desain PLTMH untuk Desa Caturanom tersaji pada Gambar 3. Rumah turbin diletakkan dengan jarak ketinggian 10 m dari sungai Catgawet.



Gambar 1. Komponen turbin crossflow [10]



Gambar 2. Grafik debit air-head netto [11]



Gambar 3. Desain PLTMH Desa Caturanom

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi turbin *crossflow* yang dipasang di Sungai Catgawet Desa Caturanom. Diameter *runner* sebesar 125 mm dengan lebar *runner* 400 mm, termasuk dengan adaptor pipa, ekstra *flange* untuk pipa dengan ukuran diameter 12 inchi, *baseframe* dan aksesoris. Transmisi mekanik untuk *speed increaser* terdiri dari *puley* turbin, *puley* generator, vee belt 2 alur dan sangkar pengaman.

Tabel 1. Spesifikasi turbin *crossflow* yang digunakan di Desa Caturanom

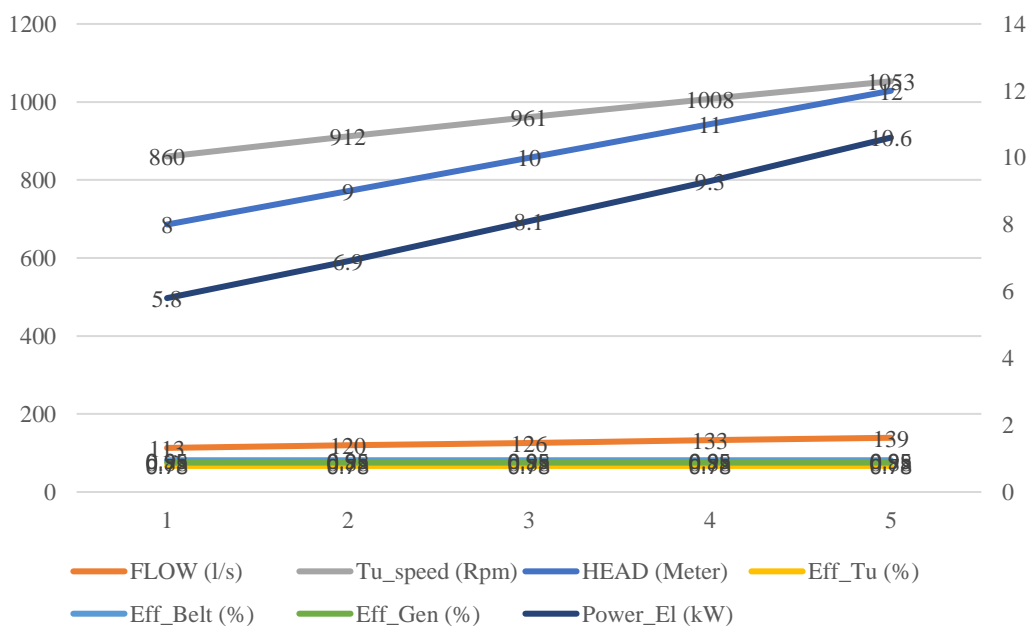
<i>Head</i> (nett)	10	Meter
Debit (Q)	126	l/s
<i>Runner Diameter</i> (Dt)	125	mm
<i>Runner Width</i> (Bt)	400	mm
<i>Pipe Diameter</i>	12	Inch

Generator yang digunakan pada PLTMH ini dengan spesifikasi *brush synchronous generator, double bearing, horizontal shaft*, 1 Phase, 220 V, 50 Hz, ST-15kVA. *Controller* yang digunakan dengan spesifikasi *digital electronic load controller* (ELC), dual stage type. 1 Phase, 220 V, 50 Hz, 12 kW. Perangkat keamanan terdiri dari: MCB, *contactor, lightning arrester. Metering-Digital*; 1P Ampere meter ballast load, 1P Ampere meter main load, *frequency meter, voltmeter, hour meter, kWh* 1P. Tubular *air heater dummy load*, industrial standar. 230 V, 50 Hz, 10 kW, dilengkapi *frame* pengaman. termasuk *power kabel generator - panel dan panel-ballast load* 5 m.

Hasil pengujian dan pengambilan data disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan variasi *head* dengan daya listrik yang dihasilkan *power*. Hasil paling stabil diperoleh pada *head* 10 [m] dengan *power electric* 8,1 kW. Gambar 4 adalah grafik dari *head*-daya hasil pengujian.

Tabel 2. Hasil pengujian *head* terhadap daya

No	Head (m)	Debit (lt/detik)	Tu_speed (rpm)	Eff_Tu (%)	Eff_Belt (%)	Eff_Gen (%)	Power_El (kW)
1	8	113	860	0,78	0,95	0,88	5,8
2	9	120	912	0,78	0,95	0,88	6,9
3	10	126	961	0,78	0,95	0,88	8,1
4	11	133	1008	0,78	0,95	0,88	9,3
5	12	139	1053	0,78	0,95	0,88	10,6

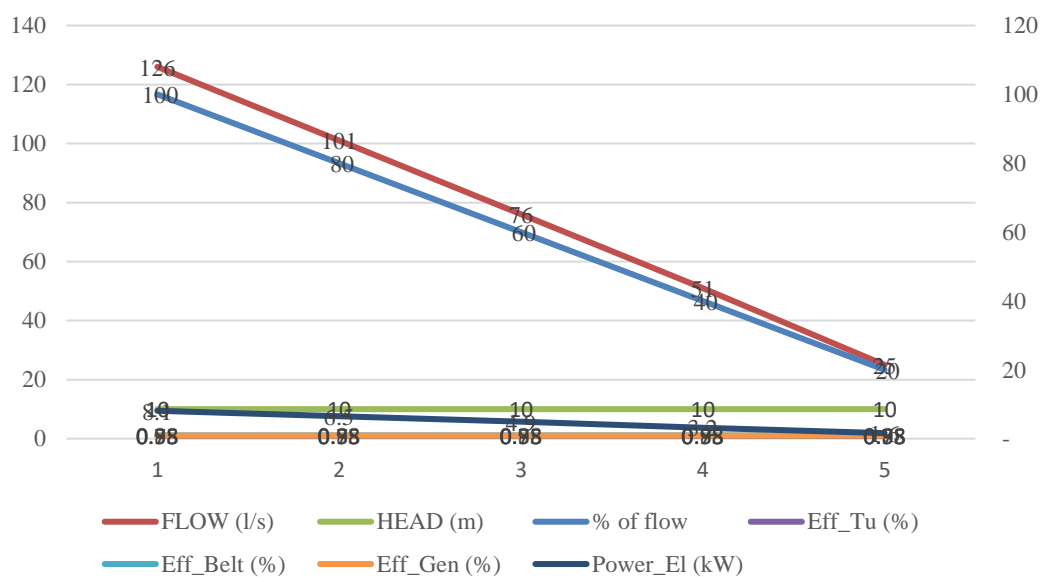


Gambar 4. Hubungan antara *head*-daya hasil pengujian

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian antara debit dengan daya yang juga ditampilkan dalam bentuk visual pada Gambar 5. Hasil paling stabil diperoleh pada debit 126 [l/s] dengan power elektrik 8,1 [kW].

Tabel 3. Hasil pengujian debit terhadap daya

No	Bukaan turbin	Debit (lt/detik)	Head (m)	Eff_Tu (%)	Eff_Belt (%)	Eff_Gen (%)	Power_El (kW)
1	100%	126	10	0,78	0,95	0,88	8,1
2	80%	101	10	0,78	0,95	0,88	6,5
3	60%	76	10	0,78	0,95	0,88	4,9
4	40%	51	10	0,78	0,95	0,88	3,2
5	20%	25	10	0,78	0,95	0,88	1,6



Gambar 5. Hubungan antara bukaan turbin-daya hasil pengujian

Analisa ekonomi dilakukan dengan estimasi biaya [13-15]. Estimasi biaya dengan daya terbangkitkan generator 8,10 [kW], misalkan beroperasi dalam tiap tahun 360 hari, sehari 24 jam, perkiraan harga pembuatan PLTMH 5-10 [kW] Rp 10.000.000,-. Biaya operasional bulanan sekitar Rp 250.000,-. Harga listrik per-kWh Golongan R-1/ TR daya 2.200 VA, Rp 1.444,70,- perkiraan umur turbin 10 tahun, perhitungan kelayakannya yaitu:

- Biaya masyarakat menggunakan listrik dari perusahaan listrik

Biaya listrik perusahaan per kWh ± Rp. 1.444,70 [13]

Total pemakaian listrik penduduk perbulan jika pemakaian listrik lampu ±100 watt selama 12 Jam/hari dan pemakaian elektronik lainnya ± 400 [watt] selama ± 6 jam

- Pemakaian listrik lampu

Biaya tiap hari = 100 watt x 12 jam = 1200 [Wh] = 1,2 [kWh] = Rp 1.733,64

Biaya tiap bulan = 1.733,64 x 30 = Rp 52.009,20

Biaya tiap tahun = 53.009,20 x 12 = Rp 624.110,40

- Pemakaian listrik elektronik

Biaya tiap hari = 400 watt x 6 jam = 2.400 Wh = 2,4 [kWh] x Rp.1.444,70 = Rp 3.467,28

Biaya tiap bulan = $3.467,28 \times 30 = \text{Rp } 104.018,40$

Biaya tiap tahun = $104.018,40 \times 12 = \text{Rp } 1.248.220,80$ /tahun

Biaya 10 mitra selama 10 tahun = $10 \times (624.110,40 + 1.248.220,80) \times 10 = \text{Rp. } 187.233.120$

- Biaya masyarakat menggunakan PLTMH

Perkiraan harga pembuatan PLT Mikrohidro 5-10 [kW] sebesar Rp 100.000.000 dengan biaya operasi bulanan Rp. 250.000 maka : Biaya tahunan : $250.000 \times 12 = \text{Rp } 3.000.000$ /tahun.

- Perbandingan biaya penggunaan perusahaan listrik dengan PLTMH

Jika PLT mikrohidro daya 8,1 [kW] dapat menyalurkan listrik ke 10 mitra yang tergabung dalam usaha terpadu Desa Caturanom dengan daya tiap mitra sebesar ± 810 [W], maka estimasi biaya dapat dihitung :

- a. Biaya yang dikeluarkan penduduk jika memakai PLT mikrohidro dalam kurun waktu 10 tahun. Biaya pembuatan PLT mikrohidro awal + biaya perawatan tahunan = $\text{Rp } 100.000.000 + 30.000.000 = \text{Rp } 130.000.000$
- b. Biaya yang dikeluarkan mitra jika menggunakan PLN dalam kurun waktu 10 tahun dan PLT mikrohidro kurun waktu 10 tahun, terdapat penghematan sebesar $[\text{Rp. } 187.233.120] - [\text{Rp.}130.000.000] = \text{Rp.}57.233.120$

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan turbin air dengan asumsi efisiensi 70% maka potensi sungai Catgawen Desa Caturanom dapat menghasilkan daya listrik 8.1 [kW]. Daya ini jika digunakan untuk usaha terpadu 10 titik maka setiap titik mendapat pasokan listrik sebesar 810 [W]. Pemilihan jenis turbin yang digunakan dipengaruhi oleh debit dan tinggi jatuh air. Berdasarkan pengambilan data maka didapat debit aliran (Q) 0,126 [m³/s] dan head efektif 10 [m] jenis turbin air yang tepat untuk digunakan adalah turbin crossflow. Biaya penghematan jika mitra menggunakan listrik PLT Mikrohidro dalam kurun waktu 10 tahun adalah $\pm \text{Rp.}57.233.120$. Potensi air Catgawen Desa Caturanom telah masuk dalam kategori layak didirikan PLT Mikrohidro karena telah memenuhi ± 10 % kebutuhan listrik penduduk.

Daftar Pustaka

- [1] Paryono, Giyanto, Teguh Budi Santosa, (2022) Pemanfaatan Aliran Air untuk Penggerak Turbin Mikrohidro di Desa Kebonagung, Kecamatan Selopampang, Kabupaten Temanggung. Jurnal Hilirisasi Technology Pengabdian Masyarakat SITECHMAS Volume 3 No. 1 (April 2022).
- [2] Ihsan Murtadlo, Tri Wrahatnolo, Subuh Isnur Haryudo, Mahendra Widyartono, (2021) Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Embung Kuniran Kecamatan Sine Kabupaten Ngawi. UNESA-Jurnal Teknik Elektro. Volume 10. Nomor. 3, Tahun 2021, 783- 791.
- [3] Erliza Yuniarti, 2012. Rancangan Parameter Turbin Crossflow Generator Sikron Pada PLTMH Talang Lintang. Berkala Teknik Vol. 2 No. 4 Maret 2012.
- [4] Ihat Solihat (2020) Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Jurnal Teknik Mesin. ISSN 2686-5157, Vol. 1, No. 2, April 2020.
- [5] Ikrar Hanggara, Harvi Irvani, (2017) Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur. Jurnal Reka Buana Volume 2 No 2, Maret 2017 - Agustus 2017.
- [6] David Setiawan Wie , Achmad Imam Agung. (2018) Perencanaan Dan Implementasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). UNESA-Jurnal Teknik Elektro. Volume 07 Nomor 01 Tahun 2018, 31- 36.
- [7] K. Umurani, A M Siregar, Surya Al-Amin, (2020) Pengaruh Jumlah Sudu Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga

Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi. Vol. 3, No. 2, September 2020, Halaman 103-111. ISSN 2622-7398. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>.

- [8] Alfiantin Noor Azhiimah, Supari Muslim, Khusnul Khotimah (2020) Kajian Kritis Terhadap Beberapa Studi Kelayakan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Indonesia. Vol. 2 No.2 Juni 2019 Rang Teknik Journal. EISSN 2599-2090. F.T. UMSB.
- [9] Bachtiar, Asep Neris. 1988. Perencanaan Turbin Air Penggerak Generator Listrik Pedesaan. Tugas Akhir. Padang.
- [10] Mafrudin dan Dwi Irawan (2014). Pembuatan turbin mikrohidro tipe cross-flow sebagai pembangkit listrik di desa bumi nabung timur. Turbo Jurnal Program Studi Teknik Mesin 3 (2).
- [11] British Hydro Association. Micro and pico hydro. Diakses pada laman <https://www.british-hydro.org/>. Diakses pada 20 Maret 2023.
- [12] Perusahaan Listrik Negara. Aturan tentang tarif tenaga listrik. Diakses pada laman <https://web.pln.co.id/pelanggan/tarif-tenaga-listrik>. Diakses pada 20 Maret 2023.
- [13] Standar Nasional Indonesia (2017). Panduan studi kelayakan pembangunan PLTMH. Badan Standarisasi Nasional: Indonesia.
- [14] Tambunan, Fandi, Rudy Setiabudi, Amien Rahardjo (2014). Analisis kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) di Desa Nyomplong Bogor. dokumen Tugas Akhir. Universitas Indonesia: Indonesia.
- [15] Muhammad Iqbal dan Haryono Putro (2021). Analisis studi kelayakan teknis dan ekonomis pembangunan pembangkit listrik tenaga minihidro (pltm) studi kasus : pltm prukut sambirata, kabupaten banyumas, purwokerto. Jurnal Tera Vol. 1 (1).