

OPTIMASI POTENSI ENERGI AIR TERJUN GEULIS CISURU SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK

Heriyanto¹⁾, Mamok Suprpto²⁾, Adi Yusuf Muttaqien³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)} Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp: 0271647069. Email : heriyan19@gmail.com

Abstract

The need of electrical energy in Indonesia increases continuously, while the reserve of fossil energy decreases. Thus, it is needed an innovation of renewable resource that is environmentally harmless to overcome the crisis of electrical energy. Water is a renewable natural resource that can be used as alternative in generating electrical energy by utilized the waterflow and head. This research was conducted at Geulis Cisuru Waterfall which is located in Cisuru Village, Cipari District, Cilacap Regency. It is because, the waterfall has a prosperous head and the water discharge exists throughout the year. The most important parameters and variables in this research are head and dependable flow. Mock methode and Weibull methode are used to calculate the discharge and the probability of dependable flow resulted. In maximizing the potential energy in the research's location, it is needed a scenario. The scenarios are the planning of microhydro components design, the increasing of head, and the falling water repetition. The repetition of falling water needs an additional component, that is pump to send the water up to the maximum elevation and to fall it to the second turbine and so on. The pump's capacity determines the electrical energy flowed in the falling water repetition. The energy produced is used to count the benefit and then the feasibility is analyzed by using economic engineering. The results show that, scenario of the increase of falling water without falling water repetition produces the maximum potential energy. This scenario produces power about 2.827,3 kW and about 67.856 kWh/year of electrical energy. Whereas, the scenario using falling water repetition exactly decreases the power and energy into 2.522,91 kW and 53.470,53 kWh/year. This case happens because, the pump's capacity produces output power which is lower than input power to operate the pump. Based on the feasibility analysis of technical planning, the microhydro components design is proper to be applied. But then, based on the economic engineering analysis shows that, the result of NPV < 0, the BCR = 0,74 < 1, and the IRR = 0,46% < 6,5% of first interest. Those three economic engineering analysis' show that the Microhydro Power Plant (MHPP) is unreasonably applied.

Keywords: Energy, Pump's Capacity, Falling Water Repetition, MHPP

Abstrak

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat, sementara cadangan energi fosil semakin menipis. Hal ini menyebabkan diperlukannya inovasi sumberdaya alam terbarukan yang ramah lingkungan untuk menghadapi krisis energi listrik. Air merupakan sumberdaya alam terbarukan untuk alternatif pembangkit energi listrik yang memanfaatkan aliran air dan tinggi jatuh. Air Terjun Geulis Cisuru yang terletak di Desa Cisuru, Kecamatan Cipari, Kabupaten Cilacap dipilih menjadi lokasi penelitian, karena memiliki cukup tinggi jatuh dan tersedianya debit sepanjang tahun. Parameter dan variabel terpenting dalam penelitian ini adalah tinggi jatuh dan debit andalan. Metode Mock dan Metode Weibull digunakan untuk menghitung debit dan probabilitas keandalan yang dihasilkan. Untuk memaksimalkan potensi energi yang dihasilkan pada lokasi penelitian, maka diperlukan skenario peningkatan. Skenario yang dilakukan adalah perencanaan tata letak komponen PLTMH, penambahan tinggi jatuh, dan pengulangan jatuh air. Pengulangan jatuh air memerlukan komponen tambahan yakni pompa untuk menaikkan air pada ketinggian maksimalnya dan menjatuhkan kembali di turbin ke-2 dan seterusnya. Kapasitas pompa menentukan besarnya potensi energi listrik yang dihasilkan pada pengulangan jatuh air. Energi yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menghitung benefit dan dianalisis kelayakannya secara ekonomi teknik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa skenario penambahan tinggi jatuh tanpa pengulangan jatuh air menghasilkan potensi energi paling maksimal. Skenario ini menghasilkan daya 2.827,3 kW dan energi listrik 67.856 kWh/tahun. Sedangkan skenario pengulangan jatuh air justru menurunkan daya dan energi menjadi 2.522,91 kW dan 53.470,53 kWh/tahun. Hal ini disebabkan kapasitas pompa menghasilkan output daya yang lebih kecil daripada input daya untuk menjalankan pompa. Berdasarkan analisis kelayakan teknis perencanaan tata letak komponen, PLTMH ini layak untuk direalisasikan. Akan tetapi berdasarkan analisis ekonomi teknik menghasilkan nilai NPV < 0, BCR = 0,74 < 1, dan IRR = 0,46% < bunga awal 6,5% sehingga realisasi PLTMH ini tidak layak.

Kata Kunci: Energi, Kapasitas Pompa, Pengulangan Jatuh Air, PLTMH

PENDAHULUAN

Berdasarkan catatan Kementerian ESDM hingga akhir 2014, produksi energi listrik Indonesia hampir 88% memanfaatkan energi fosil yang cadangannya semakin berkurang dan tidak dapat diperbaharui. Padahal untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat yang terus tumbuh, Pemerintah sedang mengupayakan penambahan kapasitas listrik sebesar 7.000 MW per tahun. Guna mengupayakan penambahan kapasitas listrik, muncul beberapa inovasi untuk mengembangkan sumberdaya alam yang terbarukan (*renewable resources*). Air merupakan salah satu sumberdaya alam yang terbarukan dan dapat digunakan sebagai alternatif untuk pembangkit energi listrik. Pembangkit listrik tenaga air sudah lama dikembangkan, diantaranya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Air Terjun Geulis Cisuru yang terletak di Desa Cisuru, Kecamatan Cipari, Kabupaten

Cilacap dipilih menjadi lokasi penelitian, karena memiliki cukup tinggi jatuh dan tersedianya debit sepanjang tahun. Energi yang dihasilkan oleh PLTMH sangat tergantung pada tinggi jatuh dan debit yang tersedia sepanjang tahun. Semakin besar tinggi jatuh dan debit, maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan. Untuk memaksimalkan potensi energi yang dihasilkan pada lokasi penelitian, maka diperlukan skenario alternatif pengukuran potensi energi. Skenario yang dilakukan adalah perencanaan tata letak komponen PLTMH, penambahan tinggi jatuh, dan pengulangan jatuh air. Pengulangan jatuh air memerlukan komponen tambahan yakni pompa. Debit air yang jatuh pada turbin pertama dipompa kembali ke atas untuk dijatuhkan kembali pada turbin kedua dan seterusnya (*series*). Pompa yang digunakan memanfaatkan daya listrik dari turbin pertama sesuai kapasitas daya masukan pompa. Pompa memiliki spesifikasi konsumsi daya listrik, daya hisap dan daya dorong air pada kedalaman atau ketinggian maksimumnya. Sehingga, energi yang dihasilkan pada turbin kedua maupun seterusnya tergantung pada kapasitas pompa. Energi yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menghitung benefit dan dianalisis kelayakannya secara ekonomi teknik.

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

A. Energi Hidro

Menurut Doni Khaira Arya (2012), energi hidro atau *hydro power* adalah daya listrik yang dihasilkan dari pemanfaatan aliran air. Energi potensial air dari bendungan atau terjunan diubah menjadi energi kinetik melalui turbin. Energi kinetik ini kemudian diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator. Tinggi jatuh air (*head*) sangat menentukan daya yang akan dihasilkan. Karena semakin tinggi jatuh air, maka semakin tinggi energi potensial yang dimiliki air tersebut.

1) Debit Andalan

Menurut Fahrul Ramadhan (2013), debit andalan adalah debit yang selalu tersedia sepanjang tahun yang dapat dipakai untuk irigasi. Dalam penelitian ini debit andalan merupakan debit yang memiliki probabilitas 80%. Debit dengan probabilitas 80% adalah debit yang memiliki kemungkinan terjadi di bendung sebesar 80% dari 100% kejadian. Untuk menganalisis debit andalan diperlukan data luas DAS, evapotranspirasi dan data hujan.

Evapotranspirasi

Menurut Sobriyah (2012), evapotranspirasi adalah proses penguapan yang terjadi pada tumbuh-tumbuhan di permukaan tanah. Air tanah diserap oleh akar tanaman yang kemudian dikirim ke dahan sampai akhirnya sampai ke permukaan daun dan jika terkena sinar matahari akan menguap. Salah satu metode untuk menghitung evapotranspirasi adalah metode *Penman-Monteith* yang dirumuskan dalam Persamaan [1].

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \dots\dots\dots [1]$$

keterangan:

ET_o	: evapotranspirasi tanaman acuan	(mm/hari),
R_n	: radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman	(MJ/m ² /hari),
T	: suhu udara rata-rata	(°C),
U_2	: kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah	(m/dt),
e_s	: tekanan uap air jenuh	(kPa),
e_a	: tekanan uap air aktual	(kPa),
Δ	: kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu	(kPa/°C),
γ	: konstanta psikrometrik	(kPa/°C).

Luas DAS

Daerah Aliran Sungai merupakan daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung/pegunungan dimana hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur (Bambang Triatmodjo, 2009). Dalam penelitian ini digunakan peta *Digital Elevation Modeling* yang diunduh dari *website earthexplorer.usgs.gov*. Perhitungan luas DAS menggunakan alat bantu *software Global Mapper 17*.

Debit Andalan

Menurut Rifai Munajad (2015), transformasi hujan menjadi aliran menjadi kunci penting dalam menghitung debit andalan. Proses transformasi hujan menjadi aliran terdapat beberapa sifat hujan yang penting yaitu tebal hujan selama hujan berlangsung, intensitas hujan, lama waktu hujan berlangsung, frekuensi hujan dan distribusi daerah hujan yang terwakili oleh suatu penakar hujan. Secara umum analisis debit berdasarkan data curah hujan yang sering dilakukan di Indonesia adalah menggunakan metode empiris dari Dr. F. J. Mock (1973) yaitu analisis keseimbangan air untuk menghitung harga debit bulanan berdasarkan tranformasi data curah hujan bulanan, evapotranspirasi, kelembaban tanah dan tampungan air tanah (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 2013). Debit bulanan yang diperoleh perlu ditentukan tingkat keandalannya sepanjang tahun untuk pengoperasian PLTMH. Tingkat keandalan yang digunakan adalah 80% dari data perhitungan debit bulanan selama 10 tahun. Tingkat keandalan debit tersebut dapat dihitung berdasarkan probabilitas kejadian mengikuti rumus *Weibull* yang dirumuskan dalam Persamaan [2].

$$P = i/(n+1) \times 100\% \dots\dots\dots [2]$$

keterangan:

- i : Nomor urut debit,
- n : Jumlah data,
- P : Probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%).

Kalibrasi Debit

Debit hasil perhitungan metode mock perlu dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai di lapangan. Pada lokasi penelitian terdapat pelimpah yang bisa digunakan untuk mengukur debit. Rumus yang digunakan untuk menghitung debit melalui pelimpah adalah:

$$Q = m.b.d.(g.d)^{0,5} \dots\dots\dots [3]$$

keterangan:

- m = koefisien pelimpah (1,3 – 2)
- b = lebar pelimpah (m)
- d = ketinggian air di atas pelimpah (m)
- g = percepatan gravitasi (m/dt²)

2) Tinggi Jatuh Efektif

Tinggi jatuh efektif dapat diperoleh dengan mengurangi tinggi jatuh total (dari permukaan air pada pengambilan sampai permukaan air saluran bawah) dengan kehilangan tinggi pada saluran air (Arismunandar dan Kuwahara, 1991). Berikut persamaan untuk menghitung tinggi jatuh efektif:

$$H_{eff} = H_{bruto} - (H_f + H_e) \dots\dots\dots [4]$$

keterangan:

- H_{eff} = tinggi jatuh efektif,
- H_{bruto} = tinggi jatuh bruto,
- H_f = *major losses*,
- H_e = *minor losses*.

Kehilangan Energi

Menurut Bambang Triatmodjo (1996), kehilangan energi akibat gesekan (*major losses*) dinyatakan dalam bentuk persamaan *Darcy- Weisbach* sebagai berikut:

$$hf = f \frac{L v^2}{D 2g} \dots\dots\dots [5]$$

keterangan:

- hf : kehilangan energi (m),
- f : koefisien gesekan pipa,
- L : panjang ruas pipa (m),
- D : diameter dalam pipa (m),
- v : kecepatan aliran pipa (m/dt),
- g : percepatan gravitasi (m/dt²).

Hubungan antar koefisien gesek pipa dengan angka *Reynolds* untuk pipa halus dapat dinyatakan dengan rumus empiris sebagai berikut :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{Re \sqrt{f}}{2,51} \dots\dots\dots [6]$$

keterangan:

- Re = Bilangan *Reynolds*,
- f = koefisien gesek pipa.

Kehilangan energi yang terjadi akibat aliran melalui belokan pada pipa adalah sebanding dengan kuadrat dari kecepatan aliran sebagaimana dirumuskan dalam Persamaan [7].

$$h_e = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots [7]$$

keterangan:

- h_e : kehilangan energi (m),
- k : faktor sudut belokan,
- v : kecepatan aliran (m/dt),
- g : percepatan gravitasi (m/dt²).

3) Analisis Daya

Perhitungan daya dapat dirumuskan dalam Persamaan [8].

$$P = \rho \cdot g \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot Q_{\text{andalan}} \cdot H_{\text{eff}} \dots\dots\dots [8]$$

keterangan:

- P = daya yang dihasilkan (Watt),
- ρ = rapat massa air (kg/m³),
- Q_{andalan} = debit andalan (m³/det),
- g = percepatan grafitasi (m/dt²),
- H_{eff} = tinggi jatuh efektif (m),
- η_t = 0.7 – 0.95 (tergantung pada tipe turbin),
- η_g = 0.80 – 0.95 (tergantung pada kapasitas generator).

4) Analisis Energi

Wilda Faradina (2005), berpendapat bahwa produksi energi per tahun yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dapat dihitung dengan daya yang dibangkitkan, dikalikan dengan waktu yang diperlukan selama satu tahun.

B. Skenario Peningkatan Potensi Energi Hidro

1) Tata Letak Komponen PLTMH

Perencanaan PLTMH dapat dipetakan sebagai suatu skema sistem yang terdiri dari bererapa komponen bangunan sipil seperti bendungan (*weir*), saluran pengambil (*intake*), saluran pembawa, bak pengendap, saluran pembawa, bak penenang, pipa pesat (*penstock*), rumah pembangkit dan saluran pembuang (Anonim, 2013).

2) Penambahan Tinggi Jatuh

Triwahju Hardianto (2015) mengemukakan bahwa peningkatan daya listrik yang dilakukan dengan menambah ketinggian bendungan, dapat meningkatkan tekanan dan aliran yang masuk ke dalam bak penenang bisa lebih maksimal. Sehingga air yang masuk turbin dapat mendekati 80% dari kapasitas maksimal yang selanjutnya diperoleh peningkatan energi listrik yang dihasilkan.

3) Pengulangan Jatuh Air

Energi total yang dapat dihasilkan berdasarkan skenario pengulangan jatuh air adalah sesuai persamaan [9]-[13].

$$\begin{aligned}
 P1_{\text{akhir}} &= P1_{\text{awal}} - P_{\text{input pompa}} \dots\dots\dots [9] \\
 P2 &= P_{\text{output pompa}} \dots\dots\dots [10] \\
 E1 &= (P1_{\text{akhir}} \times t1) + (P1_{\text{awal}} \times t2) \dots\dots\dots [11] \\
 E2 &= P2 \times t1 \dots\dots\dots [12] \\
 E_{\text{total}} &= E1 + E2 \dots\dots\dots [13]
 \end{aligned}$$

keterangan:

P1 _{awal}	= daya awal pada pengulangan ke-1,
P1 _{akhir}	= daya sisa pada pengulangan ke-1,
P _{input pompa}	= daya yang dibutuhkan untuk menjalankan pompa,
P _{output pompa}	= daya yang dihasilkan pompa,
P2	= daya yang dihasilkan pada pengulangan ke-2,
E1	= energi yang dihasilkan pengulangan ke-1,
E2	= energi yang dihasilkan pengulangan ke-1,
E _{total}	= jumlah energi pengulangan 1 dan 2,
t1	= lama waktu pengoperasian pompa,
t2	= lama waktu pemberhentian pompa.

C. Analisis Kelayakan Ekonomi

1) Benefit Cost Ratio (BCR)

Rumus untuk menghitung nilai BCR menggunakan persamaan [14].

$$BCR = \frac{\sum_{i=t}^{i=n} \frac{(Bt)}{(1+i)^t}}{\sum_{i=t}^{i=n} \frac{(Ct)}{(1+i)^t}} \dots\dots\dots [14]$$

2) Net Present Value (NPV)

Rumus untuk menghitung nilai NPV menggunakan persamaan [15].

$$NPV = \sum_{i=t}^{i=n} \frac{(Bt - Ct)}{(1+i)^t} = 0 \dots\dots\dots [15]$$

3) Internal Rate of Return (IRR)

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai IRR menggunakan persamaan [16].

$$IRR = I1 + \frac{NPV 1}{(NPV 1 + NPV 2)} \times (I2 - I1) \dots\dots\dots [16]$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif, yakni penelitian yang dilakukan dengan menganalisis data yang tersedia dan menghasilkan kesimpulan. Pada penelitian ini menggunakan data berupa data curah hujan, dan klimatologi yang diperoleh dari Dinas Bina Marga dan ESDM Kabupaten Cilacap. Tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menentukan variabel dan parameter untuk menentukan data yang dibutuhkan.
2. Mempersiapkan data primer dan sekunder yang diperlukan.
3. Menghitung tinggi jatuh efektif.

4. Menghitung evapotranspirasi menggunakan *software cropwat 8.0*.
5. Menghitung jumlah curah hujan untuk dilakukan uji pangkah.
6. Menghitung debit andalan metode Mock dan probabilitas keandalan metode Weibull.
7. Melakukan kalibrasi dan verifikasi debit sesuai dengan debit andalan.
8. Menghitung daya yang dihasilkan.
9. Menentukan jumlah pompa untuk melakukan pengulangan jatuh air.
10. Menghitung energi yang dihasilkan pada tiap skenario.
11. Melakukan analisis ekonomi pada setiap skenario dengan menghitung nilai NPV, BCR, dan IRR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Energi Hidro

1) Skenario tanpa Pengulangan Jatuh Air

Pada skenario ini didapatkan daya dan energi listrik serta benefit penjualan energi seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Energi dan Penjualan Energi pada Pengulangan Jatuh Air ke-1

Bulan	Jumlah Daya (kW)	Energi (kWh)	PENJUALAN (Rp)
Januari	256.3	6150.0	6,174,624
Februari	330.0	7920.3	7,952,024
Maret	342.9	8230.0	8,262,907
April	313.9	7532.7	7,562,873
Mei	304.7	7312.8	7,342,068
Juni	239.4	5745.1	5,768,071
Juli	210.9	5061.5	5,081,743
Agustus	154.7	3711.7	3,726,531
September	110.4	2649.6	2,660,161
Oktober	134.8	3235.8	3,248,723
November	156.7	3761.1	3,776,094
Desember	272.7	6545.5	6,571,634
TOTAL	2827.3	67856.0	68,127,452

Dari tabel di atas didapatkan total penjualan energi sebesar Rp 68.127.452,00 selama satu tahun pengoperasian PLTMH. Keuntungan tersebut selanjutnya digunakan untuk analisis ekonomi untuk membuktikan apakah layak atau tidak investasi tersebut.

2) Skenario dengan Pengulangan Jatuh Air

Energi yang dihasilkan tergantung pada lama pengoperasian alat. Untuk energi yang dihasilkan pada turbin pertama mampu beroperasi selama 24 jam. Namun untuk pompa tidak mungkin beroperasi sehari penuh. Sehingga, agar pompa tidak cepat aus dilakukan pengoperasian pompa secara bergantian, yakni 2 jam operasi dan 1 jam istirahat. Sehingga pompa beroperasi selama 16 jam dan istirahat selama 8 jam dalam sehari. Energi pada turbin ke-2 (E2) didapatkan dengan mengalikan daya hasil pemompaan untuk 16 jam selama hari operasi. Daya pada turbin pertama dikurangi daya pompa lalu dikalikan 16 jam selama pompa beroperasi dan dikalikan 8 jam selama pompa istirahat. Sehingga didapatkan energi pengulangan jatuh pertama (E1). Selanjutnya didapatkan energi total dengan menjumlahkan E1 dan E2. Dengan menggunakan pompa “Grundfos DW.50.8.A.3” yang memiliki kapasitas sebagai berikut:

1. Daya input = 1300 Watt = 1,3 kW
2. Daya dorong = 11 m
3. Kapasitas debit = 12,08 liter/dt = 0,01208 m³/dt

Didapatkan daya dan energi listrik serta benefit penjualan energi seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Energi dan Penjualan Energi pada Pengulangan Jatuh Air ke-2

Bulan & Tanggal	Lama Pengoperasian (hari)			P1 akhir (kW)	P2 (kW)	E1 (kWh)	E2 (kWh)	E total (kWh)	TOTAL PENJUALAN (Rp)
	5 pompa	2 pompa	0 pompa						
JANUARI	22	9	0	93.75	135.15	3550.02	2162.44	5712.46	5,735,311
FEBRUARI	28	0	0	148.01	147.82	5008.34	2365.17	7373.51	7,403,003
MARET	31	0	0	141.42	163.66	5005.99	2618.58	7624.56	7,655,062
APRIL	29	1	0	122.76	155.21	4475.14	2483.42	6958.57	6,986,401
MEI	30	1	0	107.10	160.49	4151.22	2567.89	6719.11	6,745,988
JUNI	29	1	0	48.28	155.21	2687.49	2483.42	5170.92	5,191,599
JULI	13	18	0	79.60	106.64	2960.70	1706.30	4667.00	4,685,664
AGUSTUS	0	30	1	76.65	63.35	2463.68	1013.64	3477.33	3,491,236
SEPTEMBER	0	7	23	92.20	14.78	2358.36	236.52	2594.88	2,605,259
OKTOBER	5	7	19	84.12	41.18	2424.58	658.87	3083.45	3,095,781
NOVEMBER	2	27	1	73.51	67.58	2429.85	1081.22	3511.07	3,525,113
DESEMBER	18	13	0	121.93	122.48	4132.65	1959.71	6092.36	6,116,730
TOTAL				1189.33	1333.57	41648.03	21337.2	62985.21	63,237,146

Daya yang dihasilkan pada P1 dioperasikan selama 24 jam, sedangkan P2 hanya dioperasikan selama 16 jam untuk mencegah pompa tidak cepat aus. Sehingga energi total yang dihasilkan selama satu tahun penuh adalah 53.470,53 kWh. Pendapatan yang diperoleh selama satu tahun sebesar Rp 57.480.819,00. Jika dibandingkan produksi daya dan energi pada potensi asli, maka pada pengulangan ini justru menurun produksi listriknya. Dari 67.856 kWh turun menjadi 53.470,53 kWh. Hal ini dikarenakan kapasitas pompa yang tidak mungkin menghasilkan daya output yang lebih besar dari daya input yang dibutuhkan untuk menjalankan pompa.

B. Kelayakan Teknis

Berdasarkan perencanaan tata letak komponen PLTMH di lokasi penelitian dari segi teknis memungkinkan untuk realisasi pembangunan PLTMH ini. Baik untuk skenario 1 maupun skenario 2 dari segi teknis layak untuk dilaksanakan.

C. Kelayakan Ekonomi

1) Skenario 1

- Analisis ekonomi dengan perhitungan NPV= Rp -165.523.456,00. Karena nilai NPV<0 maka investasi PLTMH dinyatakan tidak layak untuk direalisasikan.
- Analisis ekonomi dengan perhitungan BCR= 0,74. Karena nilai BCR < 1 maka investasi PLTMH dinyatakan tidak layak untuk direalisasikan.
- Analisis ekonomi dengan perhitungan IRR= 0,46%. Karena nilai IRR < bunga awal sebesar 6,5%, maka investasi PLTMH dinyatakan tidak layak untuk direalisasikan.

2) Skenario 2

- Analisis ekonomi dengan perhitungan NPV= Rp -325.122.615,00. Karena nilai NPV < 0 maka investasi PLTMH dinyatakan tidak layak untuk direalisasikan.
- Analisis ekonomi dengan perhitungan BCR= 0,55. Karena nilai BCR < 1 maka investasi PLTMH dinyatakan tidak layak untuk direalisasikan.
- Analisis ekonomi dengan perhitungan IRR= -4,49%. Karena nilai IRR < bunga awal sebesar 6,5%, maka investasi PLTMH dinyatakan tidak layak untuk direalisasikan.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

- Potensi daya listrik pada lokasi penelitian dengan skenario 1 (tanpa pengulangan jatuh air) selama 1 tahun adalah sebesar 2.827,3 kW. Sedangkan produksi energi listrik sebesar 67.856 kWh/tahun.
- Produksi daya listrik pada lokasi penelitian dengan skenario 2 (dengan pengulangan jatuh air) selama 1 tahun adalah sebesar 2.522,91 kW. Pengulangan ini justru membuat daya dari potensi tanpa pengulangan jatuh air menurun. Hal ini disebabkan kapasitas pompa yang tidak mungkin menghasilkan keluaran daya yang lebih

besar dari input daya untuk menjalankan pompa. Sedangkan produksi energi listrik turun menjadi 53.470,53 kWh/tahun.

3. Kelayakan teknis optimasi potensi energi ini layak berdasarkan perencanaan tata letak komponen PLTMH untuk semua skenario. Sedangkan berdasarkan analisis ekonomi teknik tidak layak karena pada skenario 1 memiliki nilai NPV < 0, nilai BCR = 0,74 < dari 1, nilai IRR = 0,46% < bunga awal yakni 6,5%. Sedangkan skenario 2 juga tidak layak berdasarkan analisis ekonomi teknik karena nilai NPV < 0, nilai BCR = 0,55 < 1, nilai IRR = -4,49% < bunga awal sebesar 6,5%.

SARAN

Pada skenario pengulangan jatuh air diperlukan pemilihan pompa yang memiliki spesifikasi debit pompa yang bisa menyamai debit andalan atau *head* yang menyamai kondisi di lapangan. Diperlukan pengamatan debit secara langsung di lapangan selama setahun penuh untuk mendapatkan informasi akurat terkait debit yang tersedia untuk dilakukan kalibrasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Dr. Ir. Mamok Suprpto, M.Sc dan Ir. Adi Yusuf Muttaqien, MT yang telah membimbing dan memberi arahan serta masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Anonim, 2013, *Feasibility On Study Way Simpang Kanan Mini Hydro Power Plant (MHPP) Development in West Lampung Regency*, PT Maramakmur Energi Perdana, Lampung.
- Aris Munandar dan Kuwahara, 1991, *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik jilid III: Gardu Induk*, PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- Bambang Triatmodjo, 1996, *Hidrolika I*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo, 1996, *Hidrolika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo, 2009, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Doni Khaira Arya, 2012, *Analisis Potensi Mikrohidro Berdasarkan Curah Hujan*, Skripsi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Fahrul Ramadhan, 2013, *Evaluasi Kinerja Saluran Jaringan Irigasi Jeuram Kabupaten Nagari Raya*, Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rifai Munajad, 2015, *Kajian Hujan-Aliran Menggunakan Model Hec-HMS di Sub Daerah Aliran Sungai Wuryantoro Wonogiri Jawa Tengah*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sobriyah, 2012, *Model Hidrologi*, UNS Press, Surakarta.
- Standar Perencanaan Irigasi KP-01. 2013. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Triwahju Hardianto, 2015, *ibm Peningkatan Daya Listrik PLTMH dengan Penambahan Tinggi Bendungan di Desa Suger Kidul Kecamatan Jelbuk Kabupaten Jember*, *Artikel Ipteks*, Universitas Jember. Jember.