

# UPAYA PENINGKATAN POTENSI ENERGI SECARA TEKNIK PADA AIR TERJUN JUBLEK

Fitria Fauzia M.D<sup>1)</sup>, Mamok Suprpto<sup>2)</sup>, Suyanto<sup>3)</sup>

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 : [fitria Fauziamd@yahoo.co.id](mailto:fitria Fauziamd@yahoo.co.id)

## Abstract

*Water is one of the energy that is renewable and can be utilized to produce electric energy. Jublek waterfall is sourced from the gatherings in the village Berjo, district Ngargoyoso, Karanganyar Regency, based on survey results directly has high fall of 14.5 m and the instantaneous discharge of 0.038 m<sup>3</sup>/dt. From the results of the survey, potentially Jublek Waterfall for Micro Hydro power plant (PLTMH).*

*This research was conducted on the two scenarios at PLTMH, in scenario 1 with no repetition of the high falls and done scenario 2 do a repetition of high falls with a pump to get high to fall back. An important parameter on the research PLTMH this is the high fall and discharge the mainstay. Discharge obtained by transformation of rainfall into the flow with the help of HEC-HMS 3.5, then the mainstay of discharge 80% sought by using Weibull's formula. High fall and discharge the mainstay used to calculate power, energy and energy sales in scenario 1 and scenario 2, economic analysis is then conducted to find out the feasibility of investments in each scenario.*

*The results of calculation show that the scenario 1 performed without repetitions high fall yield power 2.672,06 kW/year, energy 64.129,50 kWh/year and Rp 101.201.553,00 for energy sales/year. Scenario 2 with high repetition fall by using the 2505.01 pump power kW/year, energy 61.456,61 kWh/year, and sales of energy amounting to Rp 96.983.515,00 RP/year. The decline in sales of energy resources, and occurs because the power pump. Economic analysis of scenario 1, NPV = Rp 250.377.359,67, 1,69 = BCR, and IRR = 19,65%, so it is considered feasible in terms of investment, while scenario 2, NPV = -Rp 94.978.419,00, BCR = 0,85, and IRR = 3,39% so scenario 2 is not feasible in terms of economic investment.*

**Keywords:** micro-hydro power, high repetition fall, efforts increase, pump.

## Abstrak

Air merupakan salah satu energi yang terbarukan dan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Air Terjun Jublek yang bersumber dari Sungai Kumpul yang terletak di Desa Berjo, Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar, berdasarkan hasil survei secara langsung memiliki tinggi jatuh sebesar 14,5 m dan debit sesaat sebesar 0,038 m<sup>3</sup>/dt. Dari hasil survei tersebut, Air Terjun Jublek berpotensi untuk dijadikan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

Pada penelitian ini dilakukan 2 skenario pada PLTMH, pada skenario 1 tanpa dilakukan pengulangan tinggi jatuh dan skenario 2 dilakukan pengulangan tinggi jatuh dengan pompa untuk mendapatkan tinggi jatuh kembali. Parameter yang penting pada penelitian PLTMH ini adalah tinggi jatuh dan debit andalan. Debit didapatkan dengan transformasi hujan menjadi aliran dengan bantuan HEC-HMS 3.5, kemudian debit andalan 80% dicari dengan menggunakan Rumus Weibull. Tinggi jatuh dan debit andalan digunakan untuk menghitung daya, energi dan penjualan energi pada skenario 1 dan skenario 2, kemudian dilakukan analisis ekonomi untuk mengetahui kelayakan investasi pada masing-masing skenario.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa skenario 1 yang dilakukan tanpa pengulangan tinggi jatuh menghasilkan daya 2.672,06 kW/tahun, energi 64.129,50 kWh/tahun dan penjualan energi Rp 101.201.553,00/tahun. Skenario 2 dengan pengulangan tinggi jatuh dengan menggunakan pompa menghasilkan daya 2505,01 kW/tahun, energi 61.456,61 kWh /tahun, dan penjualan energi sebesar Rp 96.983.515,00/tahun. Penurunan daya, dan penjualan energi terjadi karena daya pompa yang besar. Analisis ekonomi skenario 1, NPV= Rp 250.377.359,67, BCR= 1,69, dan IRR= 19,65 %, sehingga dianggap layak dari segi investasi, sedangkan skenario 2, NPV = - Rp 94.978.419,00 , BCR= 0,85, dan IRR = 3,39% sehingga skenario 2 tidak layak dari segi investasi ekonomi.

**Kata Kunci :** mikro hidro, pengulangan tinggi jatuh, upaya peningkatan, pompa.

## PENDAHULUAN

Listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan yang tidak terlepas dari kehidupan manusia. Listrik memiliki banyak manfaat dalam berbagai bidang diantaranya bidang pendidikan, transportasi dan ekonomi. Karena memiliki banyak manfaat dalam berbagai aspek kehidupan, listrik menjadi salah satu energi yang penting dan sangat dibutuhkan oleh manusia. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi nasional dan bertambahnya populasi penduduk, kebutuhan masyarakat akan energi listrik juga akan semakin meningkat. Moch. Muchlis dan Adhi Darma Permana (2009) menyatakan bahwa Indonesia akan mengalami peningkatan kebutuhan listrik yang akan terus tumbuh merata 6,5% per tahun sampai dengan tahun 2020. Peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap ketersediaan energi listrik tidak sebanding dengan tersedianya energi listrik,

terutama akan ketersediaan sumber bahan bakar fosil yang menjadi salah satu sumber bahan bakar penghasil energi listrik. Salah satu sumber energi yang terbarukan dan mudah ditemukan serta memiliki potensi sebagai penghasil energi listrik adalah air. Air merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjadi sumber penghasil listrik yang disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

Kabupaten Karanganyar merupakan salah satu daerah yang memiliki beberapa lokasi air terjun yang berpotensi dapat dimanfaatkan untuk PLTMH. salah satu air terjun di Desa Berjo, Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar yaitu Air potensi Terjun Jublek yang berasal dari aliran Sungai Kumpul dimana air terjun tersebut diketahui memiliki untuk dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Pada penelitian ini dilakukan upaya penerapan skenario untuk meningkatkan produktifitas listrik yang dihasilkan secara teknis dengan menambah komponen yang ada, seperti generator, turbin, pipa pesat dan pompa. Pompa digunakan sebagai alat untuk menaikkan kembali air yang telah keluar dari turbin untuk mendapatkan *head* kembali, setelah itu, air yang telah kembali ke atas akan dijatuhkan menuju turbin kedua untuk mendapatkan daya kembali. Pengulangan tinggi jatuh dilakukan secara berulang hingga mendapatkan skenario yang tepat yaitu didapatkan daya yang optimal. Pada upaya penambahan komponen ini akan menambah biaya investasi, untuk itu, dilakukan analisis ekonomi untuk melihat kelayakan ekonomi dari segi investasi.

## LANDASAN TEORI

### A. Energi Hidro

#### 1) Debit Sesaat

Data yang didapatkan dengan alat bantu *current meter* dengan baling 6: Propeller: 6-123296, diubah menjadi kecepatan aliran dengan koversi sesuai jumlah putaran kincir per satuan waktu yang didapatkan, seperti salah satu Persamaan [1] - [3].

$n \leq 1,77$	$v = 0,0978 \times n + 0,039$ .....	[1]
$1,77 \leq n \leq 6,84$	$v = 0,1040 \times n + 0,028$ .....	[2]
$6,84 \leq n \leq 19,19$	$v = 0,1040 \times n + 0,028$ .....	[3]

(Sumber: *Operating Instructions OTT C Small Current Meter 10.150.005.B.E*)

Keterangan:

$n$  = jumlah putaran  
 $v$  = kecepatan aliran (m/dt)

Kemudian debit sesaat dihitung dengan persamaan [4].

$$Q = A \cdot v \dots\dots\dots [4]$$

Keterangan:

$Q$  = debit sesaat ( $m^3/dt$ )  
 $A$  = luas penampang saluran ( $m^2$ )  
 $v$  = kecepatan aliran (m/dt)

#### 2) Debit Andalan

##### • Uji Panggah

Dalam penelitian ini menggunakan cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) Uji kepanggahan menggunakan persamaan RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) sebagai berikut:

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}), \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, n \dots\dots\dots [5]$$

$$S_0^* = 0 \dots\dots\dots [6]$$

$$S_0^{**} = \frac{S_k^*}{D_y}, \text{ dengan } k = 0, 1, 2, 3, \dots, n \dots\dots\dots [7]$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n} \dots\dots\dots [8]$$

Keterangan:

$Y_i$  = data hujan ke  $i$

- Y = data hujan rerata -i
- Dy = deviasi standar
- n = jumlah data

Untuk uji kepanggahan digunakan cara statistik dengan menggunakan rumus:

$$Q = IS^{*k}I, 0 \leq k \leq n, \text{ atau} \dots\dots\dots[9]$$

$$R = \text{maksimum } S_k^{**} - \text{minimum } S_k^{**}, \text{ dengan } 0 \leq k \leq n$$

Untuk nilai Kritik Q dan R ditunjukkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1** Nilai Kritik Kepanggahan

N	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
$\infty$	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

(Sumber: Sri Harto, 1993)

• **Transformasi Hujan Menjadi Aliran**

Pada penelitian ini transformasi hujan menjadi aliran menggunakan bantuan *software* HEC-HMS 3.5.

• **Analisis Basic Month**

Dalam menentukan besarnya debit andalan dengan probabilitas tertentu dilakukan dengan analisis *basic month* dan dengan menggunakan Rumus *Weibull*, dengan persamaan [10].

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots[10]$$

Keterangan:

- P = peluang (%)
- m = nomor urut data
- n = jumlah data

**3) Tinggi Jatuh**

• **Tinggi Jatuh Bruto**

Untuk menghitung jarak datar dapat menggunakan Persamaan [11] dan untuk menghitung beda tinggi dapat digunakan Persamaan [12].

$$S \text{ (jarak datar)} = D \cos m \dots\dots\dots[11]$$

$$= (BA - BB) \times 100 \times \cos^2 m$$

$$\text{Beda Tinggi} = \Delta H = \frac{1}{2} (BA - BB) \times 100 \sin 2m + i - BT \dots\dots\dots[12]$$

Keterangan:

- S = jarak datar (m)
- $\Delta H$  = beda tinggi (m)
- i = tinggi alat (m)
- BA = bacaan benang atas (m)
- BB = bacaan benang bawah (m)
- BT = bacaan benang tengah (m)

- m = sudut miring ( $^{\circ}$ )
- z = sudut zenith ( $90^{\circ}-m$ ) ( $^{\circ}$ )
- $\Delta H_{AB}$  = beda tinggi antara titik A dan B (m)
- D = jarak miring (m)

• **Tinggi Jatuh Efektif**

Perhitungan Angka Reynold

Menurut Bambang Triatmodjo (1996) bilangan *Reynolds* dapat dihitung dengan rumus:

$$Re = \frac{vD}{\nu} \dots\dots\dots[13]$$

Keterangan:

- Re = angka reynold
- v = kecepatan aliran dalam pipa (m/dt)
- D = diameter pipa pesat (m)
- $\nu$  = kekentalan kinematik fluida ( $m^2/dt$ )

Perhitungan koefisien gaya gesek pipa

Untuk hubungan antar koefisien gesek pipa dengan angka *Reynolds* untuk pipa halus dapat dihitung dengan Persamaan [14].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{Re \sqrt{f}}{2,51} \dots\dots\dots[14]$$

Keterangan:

- Re = bilangan *Reynolds*.
- f = koefisien gesek pipa.

Kehilangan energi karena gesekan (*Mayor Losses*)

Kehilangan energi akibat gesekan dinyatakan dalam bentuk persamaan *Darcy- Weisbach* sebagai berikut:

$$hf = f \frac{L v^2}{D 2g} \dots\dots\dots[15]$$

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 ( $9,81 m/dt^2$ ).

Kehilangan energi karena belokan pada pipa (*Minor Losses*)

Untuk kehilangan energi yang terjadi akibat aliran yang melalui sambungan dan percabangan dapat dihitung dengan Persamaan [16].

$$h_e = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots[16]$$

Keterangan:

- $h_e$  = kehilangan energi (m)
- k = faktor sambungan/percabangan
- v = kecepatan aliran (m/dt)
- g = percepatan gravitasi ( $9,81 m/dt^2$ )

5Perhitungan tinggi jatuh efektif

Tinggi jatuh yang digunakan pada analisis merupakan tinggi jatuh efektif yang dapat dihitung dengan Persamaan [17].

$$H_{eff} = H_{bruto} - (hf+he) \dots\dots\dots[17]$$

Keterangan:

$H_{eff}$  = tinggi jatuh efektif (m)  
 $H_{bruto}$  = tinggi jatuh bruto (m)  
 $hf$  = kehilangan energi dalam pipa (m)  
 $he$  = kehilangan energi karena belokan (m)

## B. Analisis Potensi Energi

### 1) Analisis Daya

Potensi daya asli

Persamaan untuk mengetahui daya listrik yang dibangkitkan karena perbedaan tinggi adalah sebagai berikut:

$$P = \rho \cdot g \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot Q_{\text{andalan}} \cdot H_{\text{eff}} \dots\dots\dots [18]$$

Keterangan:

$P$  = daya yang dihasilkan (Watt)  
 $\rho$  = rapat massa air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $Q_{\text{andalan}}$  = debit andalan ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m}/\text{dt}^2$ )  
 $H_{\text{eff}}$  = tinggi jatuh efektif (m)  
 $\eta_t$  = efisiensi turbin (0,7 – 0,95 tergantung pada tipe turbin)  
 $\eta_g$  = efisiensi generator (0,80 – 0,95 tergantung pada kapasitas generator)

### 2) Analisis Energi

Perhitungan besarnya energi yang dihasilkan PLTMH dapat dihitung dengan Persamaan [19].

$$E = P \times \text{lama operasi} \dots\dots\dots [19]$$

Keterangan:

$E$  = energi yang dihasilkan (Wh)  
 $P$  = daya yang dibangkitkan (Watt)

## C. Rekayasa Peningkatan Potensi Energi Hidro

Berikut Persamaan [20] - [23] yang digunakan untuk menghitung daya dan energi untuk skenario pengulangan menggunakan tambahan pompa.

$$P1_{\text{akhir}} = P1_{\text{awal}} - P_{\text{input pompa}} \dots\dots\dots [20]$$

$$P2 = P_{\text{output pompa}}$$

$$E1 = (P1_{\text{akhir}} \times t1) + (P1_{\text{awal}} \times t2) \dots\dots\dots [21]$$

$$E2 = P2 \times t1 \text{ jam} \dots\dots\dots [22]$$

$$E_{\text{total}} = E1 + E2 \dots\dots\dots [23]$$

Keterangan:

$P1_{\text{awal}}$  = daya awal pada pengulangan ke-1 (Watt)  
 $P1_{\text{akhir}}$  = daya sisa pada pengulangan ke-1 (Watt)  
 $P_{\text{input pompa}}$  = daya yang dibutuhkan untuk menjalankan pompa (Watt)  
 $P_{\text{output pompa}}$  = daya yang dihasilkan pompa (Watt)  
 $P2$  = daya yang dihasilkan pada pengulangan ke-2 (Watt)  
 $E1$  = energi yang dihasilkan pengulangan ke-1 (Wh)  
 $E2$  = energi yang dihasilkan pengulangan ke-1 (Wh)  
 $E_{\text{total}}$  = jumlah energi pengulangan 1 dan 2 (Wh)  
 $t1$  = lama waktu pengoperasian pompa (jam)  
 $t2$  = lama waktu pemberhentian pompa (jam)

## D. Analisis Ekonomi

### 1) Net Present Value (NPV)

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai NPV menggunakan Persamaan [24].

$$NPV = \sum_{i=t}^{i=n} \frac{(Bt - Ct)}{(1+i)^t} = 0 \dots\dots\dots [24]$$

Keterangan:

NPV = net present value

- Bt = keuntungan pada tiap tahun
- Ct = biaya pada tiap tahun
- t = tahun (1,2,3,...t)
- n = jumlah tahun
- i = tingkat bunga

Apabila:

- NPV positif > 0 maka proyek layak untuk dilaksanakan.
- NPV negatif < 0 maka proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

### 2) *Benefit Cost Ratio (BCR)*

Merupakan perbandingan nilai semua manfaat terhadap nilai semua biaya pada waktu yang sama. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai BCR menggunakan Persamaan [25].

$$BCR = \sum_{t=1}^{i=n} \frac{(Bt)}{(1+i)^t} : \sum_{t=1}^{i=n} \frac{(Ct)}{(1+i)^t} \dots\dots\dots [25]$$

Keterangan:

- BCR = *benefit cost ratio*
- Bt = keuntungan pada tiap tahun
- Ct = biaya pada tiap tahun
- t = tahun (1,2,3,...t)
- n = jumlah tahun
- i = tingkat bunga

Apabila:

- a. BCR ≥ 1 maka proyek layak untuk dilaksanakan,
- b. BCR < 1 maka proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

### 3) *Internal Rate of Return (IRR)*

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai IRR menggunakan Persamaan [26].

$$IRR = I1 + \frac{NPV1}{(NPV1 + NPV2)} \times (I2 - I1) \dots\dots\dots [26]$$

Keterangan:

- IRR = *internal rate of return*
- I1 = suku bunga rendah
- I2 = suku bunga tinggi
- NPV1 = NPV suku bunga rendah
- NPV2 = NPV suku bunga tinggi

Apabila:

- a. IRR > suku bunga yang ditetapkan, maka proyek layak untuk dilaksanakan.
- b. IRR < suku bunga yang ditetapkan, maka proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

## METODE

Pada penelitian ini menggunakan data primer berupa tinggi jatuh dan debit sesaat yang didapatkan dari survei langsung di lapangan, dan data sekunder berupa data hujan harian dari Stasiun Hujan Kemuning tahun 2005-2014, peta DEM, dan spesifikasi kapasitas pompa. Berikut tahapan penelitian untuk meningkatkan potensi energi pada Air Terjun Jublek:

1. Menentukan variabel dan parameter data yang dibutuhkan.
2. Mempersiapkan data primer dan data sekunder yang dibutuhkan.
3. Melakukan uji pangkah data hujan dengan Metode RAPS.
4. Menghitung debit sesaat.
5. Mencari luas Daerah Aliran Sungai dengan *Global Mapper 17*.

6. Melakukan transformasi hujan menjadi aliran menggunakan HEC-HMS 3.5.
7. Menghitung debit andalan dengan Rumus Weibull.
8. Menghitung tinggi jatuh dari pengukuran di lapangan.
9. Menghitung tinggi jatuh efektif dengan memperhitungkan kehilangan energi pada pipa pesat.
10. Menghitung daya, energi, dan penjualan energi yang dihasilkan pada skenario 1.
11. Menentukan jumlah dan jenis pompa yang digunakan pada pengulangan tinggi jatuh.
12. Menghitung daya, energi, dan penjualan energi yang dihasilkan pada skenario 2.
13. Melakukan analisis kelayakan ekonomi dengan menghitung nilai NPV, BCR, dan IRR untuk setiap skenario.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Skenario 1

Skenario 1 merupakan skenario yang dilakukan tanpa pengulangan tinggi jatuh. Berikut hasil daya, energi dan penjualan energi pada skenario 1 ditampilkan pada Tabel 2:

**Tabel 2** Daya, Energi dan Penjualan Energi pada Skenario 1

Bulan	P1 (kW)	E (kWh)	Penjualan Energi (Rp)
Januari	300,77	7.218,37	11.391.171
Februari	387,01	9.288,20	14.657.526
Maret	395,64	9.495,24	14.984.265
April	324,45	7.786,85	12.288.284
Mei	313,41	7.521,91	11.870.177
Juni	164,33	3.943,80	6.223.641
Juli	132,18	3.172,42	5.006.338
Agustus	130,83	3.139,90	4.955.021
September	126,61	3.038,62	4.795.182
Oktober	130,83	3.139,90	4.955.021
Nopember	127,68	3.064,20	4.835.562
Desember	138,34	3.320,09	5.239.367
Total	2.672,06	64.129,50	101.201.553

### B. Skenario 2

Skenario 2 merupakan skenario yang dilakukan dengan melakukan pengulangan tinggi jatuh menggunakan pompa. Berikut hasil daya, energi dan penjualan energi pada skenario 2 ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Daya, Energi dan Penjualan Energi pada Skenario 2

Bulan	P1 (kW)	E1 (kWh)	P2 (kW)	E2 (kWh)	Penjualan Energi (Rp)
Januari	243,42	6.300,77	35,79	572,63	10.846.775
Februari	347,18	8.650,94	32,33	517,21	14.468.091
Maret	338,29	8.577,64	35,79	572,63	14.439.868
April	268,95	6.898,85	34,63	554,15	11.761.449
Mei	256,06	6.604,31	35,79	572,63	11.325.781
Juni	183,66	4.253,15	34,63	554,15	7.586.317
Juli	74,83	2.254,82	35,79	572,63	4.461.942
Agustus	73,48	2.222,30	35,79	572,63	4.410.625
September	71,11	2.150,62	34,63	554,15	4.268.346
Oktober	73,48	2.222,30	35,79	572,63	4.410.625
Nopember	72,18	2.176,20	34,63	554,15	4.308.727
Desember	80,99	2.402,49	35,79	572,63	4.694.971
Total	2.083,62	54.714,39	421,39	6.742,21	96.983.515

### C. Kelayakan Ekonomi

- 1) Skenario 1
  - a. Hasil perhitungan NPV menghasilkan nilai sebesar Rp 250.377.359,67. Karena nilai NPV>0 maka investasi PLTMH layak untuk direalisasikan.
  - b. Hasil perhitungan BCR menghasilkan nilai sebesar 1,69. Karena nilai BCR>1 maka investasi PLTMH layak untuk direalisasikan.
  - c. Hasil perhitungan IRR menghasilkan nilai sebesar 19,65%. Karena nilai IRR>bunga awal sebesar 6,5%, maka investasi PLTMH layak untuk direalisasikan.
- 2) Skenario 2
  - a. Hasil perhitungan NPV menghasilkan nilai sebesar - Rp 94.978.419,37. Karena nilai NPV<0 maka investasi PLTMH tidak layak untuk direalisasikan.
  - b. Hasil perhitungan BCR menghasilkan nilai sebesar 0,85. Karena nilai BCR<1 maka investasi PLTMH tidak layak untuk direalisasikan.
  - c. Hasil perhitungan IRR menghasilkan nilai sebesar 3,39%. Karena nilai IRR<bunga awal sebesar 6,5%, maka investasi PLTMH tidak layak untuk direalisasikan.

### KESIMPULAN

1. Air Terjun Jublek memiliki potensi daya sebesar 2.672,06 kW/tahun, energi yang dihasilkan setiap tahun sebesar 64.129,50 kWh/tahun dan penjualan energi sebesar Rp 101.201.553,00/tahun.
2. Pada skenario pengurangan tinggi jatuh air menggunakan pompa didapatkan hasil daya sebesar 2.505,01 kW/tahun dan energi sebesar 61.456,61 kWh/tahun dan penjualan energi Rp 96.983.515,00/tahun.
3. Pada skenario 1 nilai NPV > 0, yaitu sebesar Rp 250.377.359,67, BCR > 1 yaitu 1,69 dan IRR > 6,5 % yaitu 19,65 %, maka dapat disimpulkan secara investasi skenario 1 layak untuk dilaksanakan. Pada skenario 2 nilai NPV < 0, yaitu sebesar - Rp 94.978.419,37, BCR < 1 yaitu 0,85 dan IRR < 6,5 % yaitu 3,39 %, dapat disimpulkan secara ekonomi skenario 2 tidak layak dari segi investasi.

### SARAN

1. Diperlukan data atau pengamatan secara langsung untuk mendapatkan data debit sesaat selama satu tahun guna kalibrasi debit andalan.
2. Dilakukan perhitungan kekuatan bangunan untuk mengetahui kelayakan kekuatan bangunan.
3. Merencanakan pendistribusian listrik secara rinci untuk mengetahui biaya pendistribusian listrik.
4. Pada skenario pengurangan tinggi jatuh dengan menggunakan pompa perlu dilakukan pemilihan pompa dengan spesifikasi daya yang sesuai serta membutuhkan daya yang seminimal mungkin untuk menghindari terjadinya penurunan daya, energi, dan penjualan energi pada skenario pengurangan tinggi jatuh air.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Dr. Ir. Mamok Suprpto, M.Eng dan Ir. Suyanto, MM yang telah membimbing dan memberi arahan serta masukan dalam penelitian ini.

### REFERENSI

- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen ESDM. 2008. *Pedoman Teknis Standarisasi Peralatan dan Komponen PLTMH*
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Nasir, Bilal Abdullah. 2014. *design of Micro-Hydro-Electric Power Station*. Iraq: Hawijah Technical Institute, Iraq.
- Operating Instructions OTT C Small Current Meter 10.150.005.B.E*
- Paish, Oliver. 2002. *Small Hydro Power : Technology and Current Status*. United Kingdom.
- Pasali, Rombe Yulianus. 2014. *Design Planning of Micro-Hidro Power Plant in Hink River*. Papua: Engineering Departement University of Papua
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 19 Tahun 2015.
- Peraturan Pemerintah No. 03 Tahun 2005 tentang Ketenagalistrikan, pasal 2, ayat 4.
- Pedoman Teknis Standarisasi Peralatan dan Komponen PLTMH, Departemen ESDM Tahun 2008.
- Shaufi, Fiqri. 2014. *Studi Potensi Pembangkit Listrik tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Berbantuan Program Casimir di Riam Pagung Desa Sanatab Kecamatan Sajingan Besar Kabupaten Sambas*. Pontianak: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.

Triatmodjo, Bambang. 1996. *Hidraulika I*. Yogyakarta: Beta Offset.  
Triatmodjo, Bambang. 2006. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.  
USACE. 2000. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference Manual*. 2000. <http://www.hec.usace.army.mil>.  
Nugroho, Hunggul Y.S dan Markus Kudeng Sallata. 2015. *PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Paduan Lengkap Membuat Sumber Energi Terbarukan Secara Swadaya*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.  
[www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov)  
[www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id)