

KONSEP PENINGKATAN POTENSI AIR TERJUN TIRTOSARI SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN MEREKAYASA TATA LETAK PLTMH

Hadid Walidain¹⁾, Mamok Suprpto²⁾, Koosdaryani³⁾

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 : hwalidain@gmail.com

Abstract

Indonesia had electrical energy sources that are renewable and abundant number that is water. Coal accounted for thus far registration 52.8% as a source of electrical energy while coal reserves in Indonesia is estimated to be only available for 70 years. Steps taken by the Government to tackle it is adding capacity is installed micro hydro power plants become 2,846 MW electricity development and be 35,000 MW. Micro Hydro is the installation of the power plant with a power range between 5-100 kW. Magetan is one of the regions in Indonesia which has a topography in the form of mountains, so there were many streams of water from the basin-the mountain basin. With the conditions of the region, Magetan research selected in the Tirtosari Waterfall is located in the village of Ngancar Subdistrict, Plaosan, Magetan recommended by public works Magetan.

The survey results indicate that the Tirtosari Waterfall has a head of 52, 87m and instantaneous discharge of 0.0259 m³/dt. In this study, the potential energy of the Tirtosari Waterfall that has a limited capacity will be attempted so that the potential of the energy generated is expected to increase. The concept of increased potential energy do with reverse engineer the component layout PLTMH through repetition of falling water using pumps.

From the results of the analysis showed the potential of the original energy obtained the total energy produced during one year of 190,270 kWh. BCR = 4.21 value, NPV = Usd 1,400,067,984 and IRR of 58.10%. While the results of the analysis on the engineering potential energy gained the total energy produced during one year of 158,615 kWh. BCR = 1.89 value, NPV = Usd 696,394,062 and IRR of 23.02%. Of the value of BCR, NPV and IRR that both scenarios are implemented, but worth the effort of increasing the potential energy due to no avail that generated thus fall.

Keywords: micro hydro Engineering, layout, the repetition of the falling water.

Abstrak

Indonesia memiliki sumber energi listrik yang terbarukan dan berlimpah jumlahnya yaitu air. Sejauh ini batubara menyumbang sebesar 52,8 % sebagai sumber energi listrik sementara cadangan batubara di Indonesia diperkirakan hanya tersedia untuk 70 tahun lagi. Langkah yang diambil pemerintah untuk mengatasi hal tersebut adalah menambah kapasitas terpasang pembangkit listrik mikrohidro menjadi 2.846 MW dan pembangunan listrik menjadi 35.000 MW. Mikrohidro adalah instalasi pembangkit listrik dengan rentang daya antara 5-100 kW. Magetan merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki topografi berupa pegunungan, sehingga banyak terdapat aliran air dari cekungan-cekungan pegunungan tersebut. Dengan kondisi wilayah Magetan tersebut, penelitian dipilih pada Air Terjun Tirtosari yang terletak di Desa Ngancar, Kecamatan Plaosan, Kabupaten Magetan yang direkomendasikan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Magetan.

Hasil survei menunjukkan bahwa Air Terjun Tirtosari memiliki head sebesar 52,87m dan debit sesaat sebesar 0,0259 m³/dt. Dalam penelitian ini, potensi energi dari Air Terjun Tirtosari yang memiliki kapasitas terbatas tersebut akan diupayakan sehingga potensi energi yang dihasilkan diharapkan dapat meningkat. Konsep peningkatan potensi energi dilakukan dengan rekayasa tata letak komponen PLTMH melalui pengulangan jatuh air menggunakan pompa.

Dari hasil analisis menunjukkan pada potensi energi asli diperoleh total energi yang dihasilkan selama satu tahun sebesar 190.270 kWh. Nilai BCR = 4,21, NPV = Rp 1.400.067.984 serta IRR sebesar 58,10 %. Sedangkan hasil analisis pada rekayasa potensi energi diperoleh total energi yang dihasilkan selama satu tahun sebesar 158.615 kWh. Nilai BCR = 1,89, NPV = Rp 696.394.062 serta IRR sebesar 23,02 %. Dari nilai BCR, NPV dan IRR tersebut kedua skenario layak dilaksanakan, tetapi upaya peningkatan potensi tidak berhasil karena energi yang dihasilkan justru turun.

Kata Kunci: Mikrohidro, Rekayasa tata letak, Pengulangan jatuh air.

PENDAHULUAN

Saat ini listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat Indonesia. Dari data yang didapatkan dari Kementerian ESDM sampai awal Maret 2016 masih terdapat 12.659 desa yang belum teraliri listrik dari total 74.754 desa di Indonesia. 52,8% sumber energi listrik Indonesia berasal dari batubara yang diperkirakan hanya tersedia untuk 70 tahun lagi dalam memenuhi kebutuhan listrik Indonesia. Dengan demikian, tuntutan untuk mencari alternatif energi yang terbarukan sangat diharapkan. Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan yang melimpah yaitu air, maka langkah yang diambil pemerintah untuk mengatasi permasalahan kekurangan pasokan listrik adalah menambah kapasitas terpasang pembangkit listrik mikrohidro menjadi 2.846 MW. Mikrohidro adalah instalasi pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber daya air dengan kapasitas aliran dan beda tinggi tertentu. Magetan merupakan perbukitan sehingga banyak terdapat aliran air dari cekungan-cekungan pegunungan tersebut. Dengan kondisi wilayah Magetan tersebut, penelitian dipilih pada Air Terjun Tirtosari yang berada di Kabupaten Magetan.

TINJAUAN PUSTAKA

1) Energi Hidro

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. (Aryo Hendarto P, 2012). Hal tersebut terjadi karena pada air yang jatuh tersimpan energi potensial dan pada air yang mengalir tersimpan energi kinetik. Jadi pada prinsipnya dimana ada air mengalir dengan ketinggian minimal 2,5 meter dengan debit 250 liter/s, maka disitu ada energi listrik (Agus Subandono, 2012). Untuk lebih detail terdapat penjelasan mengenai debit dan tinggi jatuh seperti berikut.

a) Debit

i) Debit Sesaat

Menurut Ridwan Arief Subekti (2010) debit sesaat dapat diketahui melalui pengukuran langsung di lapangan. Parameter untuk mengetahui debit sesaat adalah kecepatan aliran dan luas penampang melintang sungai yang didapatkan melalui survey langsung di lapangan.

ii) Debit Andalan

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit perencanaan yang diharapkan tersedia untuk keperluan tertentu (irigasi, air minum dll) sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan, jadi apabila ditetapkan peluang keandalan sebesar 80%, berarti akan dihadapi resiko adanya debit-debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% pengamatan. (Moh. Hilmi, 2012). Untuk kepetingan mikrohidro debit andalan yang dipakai sebesar 80% sehingga dapat dipakai untuk dasar analisis besar daya yang dapat dihasilkan mikrohidro. Pra studi kelayakan (2009).

b) Tinggi Jatuh

Menurut Aryo Hendarto P (2012), Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu, dimana energi potensial tersebut digunakan sebagai sumber beroperasinya mikrohidro. Apabila semakin tinggi jatuh air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografis (tata letak sungai), tinggi jatuh air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Dalam hubungan dengan reservoir air maka *head*

adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air

c) Analisis Energi

i) Analisis Daya

Ifhan Firmansyah (2011) mengatakan bahwa, besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Total daya yang terbangkitkan dari suatu turbin air adalah merupakan reaksi antara *head* dan debit air.

ii) Analisis Energi

Menurut Budiono (2011) mengatakan bahwa energi listrik yang dihasilkan tiap tahunnya dihitung dengan cara mengalikan daya yang dibangkitkan dengan lama waktu operasi PLTMH tersebut.

2) Analisis Ekonomi

Yayat Handrayana (2015) juga menjelaskan bahwa indikator yang sering dipakai dalam analisis ekonomi yaitu : 1.Selisih manfaat dan biaya (*Net Present Value*). Menurut Imam Soeharto dalam A.A. Wiranata (2012) untuk menghitung NPV dilakukan dengan cara mengurangkan antar nilai sekarang penerimaan dan penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. 2.Perbandingan manfaat dan biaya (BCR). Menurut Imam Soeharto dalam A.A. Wiranata (2012) BCR adalah perbandingan nilai manfaat (*benefit*) dibandingkan dengan nilai biaya yang sudah di-*present value*-kan. 3. Tingkat pengembalian internal (*Internal Rate of Return*) Menurut Imam Soeharto dalam A.A. Wiranata (2012) IRR merupakan metode untuk menghitung tingkat bunga yang berlaku yang menyamakan NPV aliran kas masuk dengan NPV kas keluar.

DASAR TEORI

1) Debit

a) Debit Sesaat

Untuk mendapat nilai debit sesaat maka dibutuhkan data arus aliran yang didapatkan melalui pengukuran menggunakan current meter (baling 6: Propeller: 6-123296), kemudian diubah menjadi kecepatan aliran dengan konversi sesuai jumlah putaran kincir per satuan waktu tertentu seperti salah satu dari persamaan (1) – (3).

$$n \leq 1,7 \quad v = 0,0978 \times n + 0,039 \dots \dots \dots (1)$$

$$1,77 \leq n \leq 6,84 \quad v = 0,1040 \times n + 0,028 \dots \dots \dots (2)$$

$$6,84 \leq n \leq 19,19 \quad v = 0,1021 \times n + 0,041 \dots \dots \dots (3)$$

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

Menurut Bambang Triatmodjo (2011), debit sesaat dapat dihitung dengan persamaan (4)

$$Q = A \cdot v \dots \dots \dots (4)$$

dengan:

Q = Debit Sesaat (m³/det)

A = Luas Penampang Saluran (m²)

v = Kecepatan Aliran (m/det)

b) Debit Andalan

Untuk menghitung debit andalan dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

i) Uji Pangah Data Hujan

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

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

$$S_0^* = 0 \dots\dots\dots (6)$$

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

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

Keterangan:

- Y_i = data hujan ke i
- Y = data hujan rerata -i
- D_y = deviasi standar
- n = jumlah data

Untuk uji kepenggahan digunakan cara statistik dengan menggunakan rumus:

$$Q = IS^{*0}kI, 0 \leq k \leq n, \text{ atau} \dots\dots\dots (9)$$

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

Untuk nilai Kritis Q dan R ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Nilai Kritis Kepenggahan

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
∞	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

(Sumber: Sri Harto, 1993)

ii) Transformasi Hujan Mejadi Aliran

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

ii) Perhitungan Debit Andalan

Untuk mendapatkan debit andalan sungai, maka debit dianalisis menggunakan HMS sesuai tahun pengamatan yang diperoleh kemudian diurutkan dari terbesar sampai terkecil.

Berdasarkan probabilitas kejadian mengikuti rumus Weibull.

$$P = m/(n+1) \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

dengan:

- P = Probabilitas nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%)
- m = Nomor urut kejadian
- n = Jumlah data

2) Tinggi Jatuh

a) Tinggi Jatuh *Brutto*

Tinggi jatuh air atau *head* dapat dihitung dengan metode *tachymetri* yang menggunakan alat bantu berupa *Theodolite*. Jarak datar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (11) sedangkan beda tinggi dihitung dengan persamaan (12). Beda tinggi yang dihasilkan dari persamaan (12) adalah beda tinggi bruto.

$$S \text{ (jarak datar)} = D \cos m \\ = (BA - BB) \times 100 \times \cos^2 m \dots \dots \dots (11)$$

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

Dengan :

- S = Jarak Datar,
- ΔH = Beda Tinggi,
- i = Tinggi Alat,
- BA = Bacaan Benang Atas

b) Tinggi Jatuh Efektif

Penentuan tinggi jatuh efektif dapat diperoleh dengan mengurangi tinggi jatuh *brutto* dengan kehilangan energi pada pipa pesat. Langkah-langkah perhitungan kehilangan energi pada pipa pesat dapat dicari dengan langkah berikut:

1. Mencari angka reynold

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

$$Re = \frac{vD}{\nu} \dots \dots \dots (13)$$

- v = kecepatan aliran dalam pipa (m/dt)
- D = diameter pipa pesat (m)
- ν = kekentalan kinematik fluida (m²/dt)

2. Mencari nilai koefisien gaya gesek pipa

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

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

dengan :

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

3. Mencari kehilangan energi karena gesekan (*Mayor Losses*)

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

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

dengan :

- 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/dt²).

4. Mencari kehilangan energi karena belokan (*Minor Losses*)

Kehilangan energi yang terjadi akibat aliran melalui sambungan dan percabangan standar adalah sebanding dengan kuadrat dari kecepatan aliran sebagaimana berikut:

$$h_e = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(16)$$

dengan :

- h_e = kehilangan energi (m),
- k = faktor sambungan/percabangan,
- v = kecepatan aliran (m/dt),
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²).

5. Menghitung nilai tinggi jatuh efektif

Tinggi jatuh efektif yang dihitung dengan mengurangi tinggi jatuh bruto dikurangi tinggi jatuh dari tekanan air yang hilang.

$$H_{eff} = H_{bruto} - (H_f + H_e) \dots\dots\dots(17)$$

dengan :

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

3) Analisis Potensi Energi

a) Analisis Daya

Potensi daya asli

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

$$P = \rho \cdot g \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot Q_{andalan} \cdot H_{eff} \dots\dots\dots(18)$$

dengan :

- P = daya yang dihasilkan (Watt),
- ρ = rapat massa air (kg/m³),
- $Q_{andalan}$ = debit andalan (m³/det),
- g = percepatan grafitasi (m/det²),
- 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)

Potensi daya hasil rekayasa

Persamaan untuk mengetahui daya listrik hasil rekayasa adalah dengan cara menghitung nilai P1akhir setelah dikurangi P_{input pompa} dan menghitung nilai P2 hasil rekayasa seperti rumus berikut.

$$P1_{akhir} = P1_{awal} - P_{input pompa} \dots\dots\dots(19)$$

$$= (\rho \cdot g \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot Q_{andalan} \cdot H_{eff}) - P_{input pompa}$$

$$P2 = P_{output pompa} \dots\dots\dots(20)$$

$$= \rho \cdot g \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot Q_{pompa} \cdot H_{pompa}$$

dengan :

- $P1_{awal}$ = 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,

b) Analisis Energi

Menurut Budiono (2011) mengatakan bahwa energi listrik yang dihasilkan tiap tahunnya dihitung dengan cara mengalikan daya yang dibangkitkan dengan lama waktu operasi PLTMH tersebut.

Potensi energi asli

Energi listrik didapatkan dengan cara mengalikan daya dengan lamanya waktu pengoperasian seperti rumus berikut.

$$E = P \times \text{lama operasi} \dots \dots \dots (21)$$

dengan:

E = energi yang dihasilkan (kWh)

P = daya yang dibangkitkan (Watt)

Potensi energi hasil rekayasa

Persamaan untuk mengetahui energi listrik hasil rekayasa dapat diketahui dengan cara berikut

$$E1 = (P1_{\text{akhir}} \times t1) + (P1_{\text{awal}} \times t2) \dots \dots \dots (22)$$

$$E2 = P2 \times t1 \text{ jam} \dots \dots \dots (23)$$

$$E_{\text{total}} = E1 + E2 \dots \dots \dots (24)$$

dengan:

E1 = energi yang dihasilkan pengulangan ke-1,

E2 = energi yang dihasilkan pengulangan ke-2,

Etotal = jumlah energi pengulangan 1 dan 2,

t1 = lama waktu pengoperasian pompa,

t2 = lama waktu pemberhentian pompa.

4) Analisis Ekonomi

a) *Benefit Cost Ratio (BCR)*

Nilai BCR dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

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

dengan:

Bt = benefit pada tiap tahun,

Ct = cost pada tiap tahun,

t = 1,2,3,.....,

n = jumlah tahun,

i = tingkat bunga.

Apabila:

- BCR > 1 maka proyek layak untuk dilaksanakan,
- BCR < 1 maka proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

b) *Net Present Value (NPV)*

Nilai NPV dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$NPV = \sum_{t=1}^{i=n} \frac{(Bt - Ct)}{(1+i)^t} = 0 \dots \dots \dots (26)$$

dengan:

Bt = benefit pada tiap tahun,

Ct = cost pada tiap tahun,

t = 1,2,3,.....,

n = jumlah tahun,

i = tingkat bunga.

Apabila:

- NPV positif > 0 maka proyek layak untuk dilaksanakan,

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

c) Internal Rate of Return (IRR)

Nilai IRR dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$IRR = I1 + \frac{NPV 1}{(NPV 1 + NPV 2)} \times (I2 - I1) \dots \dots \dots (27)$$

dengan:

- I1 = suku bunga rendah,
- I2 = suku bunga tinggi,
- NPV1 = NPV suku bunga rendah,
- NPV2 = NPV suku bunga tinggi.

Apabila:

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

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data primer berupa pengukuran ketinggian jatuh air serta debit sesaat yang didapatkan langsung dari lapangan. Sedangkan data sekunder pada penelitian ini berupa data curah hujan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Pengairan Kabupaten Magetan. Tahapan penelitian untuk peningkatan potensi Air Terjun Tirtosari yaitu :

1. Mempersiapkan data debit hasil analisis HMS.
2. Menghitung tinggi jatuh dari pengukuran di lapangan.
3. Menghitung tinggi jatuh efektif dengan memperhitungkan kehilangan energi pada pipa.
4. Menghitung daya dan energi potensi asli yang dihasilkan.
5. Menyusun skenario pengurangan jatuh air untuk peningkatan potensi air terjun tirtosari.
6. Menghitung daya dan energi potensial yang direkayasa
7. Melakukan analisis kelayakan ekonomi untuk setiap skenario.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Skenario 1

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

Tabel 2 Daya, Energi dan Penjualan pada Skenario 1

Bulan	Jumlah Daya (kW)	Energi (kWh)	Penjualan (Rp)
JANUARI	980,24	23525,73	37.123.608
FEBRUARI	933,49	22403,84	35.353.253
MARET	1004,95	24118,69	38.059.299
APRIL	1054,13	25299,16	39.922.075
MEI	884,85	21236,33	33.510.936
JUNI	509,55	12229,29	19.297.817
JULI	332,09	7970,24	12.577.044
AGUSTUS	289,11	6938,74	10.949.331
SEPTEMBER	277,52	6660,37	10.510.064
OKTOBER	286,77	6882,38	10.860.400
NOVEMBER	492,35	11816,41	18.646.302

DESEMBER	882,85	21188,52	33.435.479
Total	7927,90	190.270	300.245.600

2) Skenario 2

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

Tabel 3. Daya, Energi dan Penjualan pada Skenario 2

Bulan	P1awal (kW)	P1akhir (kW)	P2 (kW)	Energi (kWh)	Penjualan (Rp)
JANUARI	980,24	701,24	110,85	20835,30	32.878.109
FEBRUARI	933,49	681,49	100,12	19973,77	31.518.608
MARET	1004,95	725,95	110,85	21428,26	33.813.799
APRIL	1054,13	784,13	107,27	22695,52	35.813.527
MEI	884,85	605,85	110,85	18545,90	29.265.437
JUNI	509,55	241,16	107,27	9651,36	15.229.841
JULI	332,09	53,09	110,85	5279,81	8.331.544
AGUSTUS	289,11	10,11	110,85	4248,31	6.703.832
SEPTEMBER	277,52	7,32	107,27	4053,55	6.396.494
OKTOBER	286,77	7,77	110,85	4191,95	6.614.901
NOVEMBER	492,35	222,35	107,27	9212,77	14.537.755
DESEMBER	882,85	603,85	110,85	18498,09	29.189.980
Total	7927,90	4644,31	1305,15	158614,59	250.293.800

3) Kelayakan Ekonomi

1) Skenario 1

- Hasil perhitungan NPV menghasilkan nilai sebesar Rp 1.400.067.984. Karena nilai $NPV > 0$ maka pembangunan PLTMH layak untuk dilaksanakan
- Hasil perhitungan BCR menghasilkan nilai sebesar 4,21. Karena nilai $BCR > 1$ maka pembangunan PLTMH layak untuk dilaksanakan.
- Hasil perhitungan IRR menghasilkan nilai sebesar 58,10%. Karena nilai $IRR >$ bunga awal sebesar 6,5%, maka pembangunan PLTMH layak untuk direalisasikan.

2) Skenario 2

- Hasil perhitungan NPV menghasilkan nilai sebesar Rp 696.394.062. Karena nilai $NPV > 0$ maka pembangunan PLTMH layak untuk dilaksanakan.
- Hasil perhitungan BCR menghasilkan nilai sebesar 1,89. Karena nilai $BCR < 1$ maka pembangunan PLTMH layak untuk direalisasikan.
- Hasil perhitungan IRR menghasilkan nilai sebesar 23,02%. Karena nilai $IRR >$ bunga awal sebesar 6,5%, maka investasi PLTMH layak untuk direalisasikan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian konsep peningkatan potensi Air Terjun Tirtosari sebagai sumber energi listrik dengan merencanakan tata letak komponen PLTMH diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil analisis pada potensi asli diperoleh total energi yang dihasilkan selama satu tahun sebesar 190.270 kWh. Penjualan energi selama satu tahun sebesar Rp 300.245.600,00

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dari hasil perhitungan RAB dan hasil penjualan energi didapatkan nilai BCR = 4,21, NPV= Rp 1.400.067.984 serta IRR sebesar 58,10 %. Dengan demikian pembangunan PLTMH Air Terjun Tirtosari dengan potensi asli layak dilaksanakan.

2. Hasil analisis pada hasil rekayasa potensi diperoleh total energi yang dihasilkan selama satu tahun sebesar 158.615 kWh. Penjualan energi selama satu tahun sebesar Rp 250.293.800,00 Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dari hasil perhitungan RAB dan hasil penjualan energi didapatkan nilai BCR = 1,89, NPV= Rp 696.394.062 serta IRR sebesar 23,02 %. Dari nilai BCR, NPV dan IRR tersebut dapat disimpulkan bahwa pembangunan PLTMH Air Terjun Tirtosari berdasarkan rekayasa potensi layak dilaksanakan.

3. Upaya peningkatan potensi Air Terjun Tirtosari sebagai sumber energi listrik dengan merekayasa tata letak komponen PLTMH melalui pengulangan jatuh air tidak berhasil dikarenakan nilai energi listrik yang dihasilkan justru turun dari energi asli.

SARAN

Agar penelitian mendapatkan hasil yang lebih maksimal, maka dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan memperhatikan aspek-aspek berikut ini:

1. Penelitian memperhitungkan kekuatan struktur bangunan sipil PLTMH.
2. Penelitian menghitung nilai efisiensi perangkat pengubah daya.
3. Penelitian memperhitungkan estimasi peralatan transmisi dan distribusi listrik

UCAPAN TERIMAKASIH

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

REFERENSI

- Budiono, (2011). *“Pra Studi Kelayakan Potensi PLTM/PLTA Di Area PT. PJB Unit Pembangkit Brantas”*, Malang: Skripsi Universitas Brawijaya.
- Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi. 2009. *“Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi”*. Jakarta: Buku. Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi. 2009. *“Pedoman Studi Kelayakan Sipil”*. Jakarta: Buku. Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi. 2009. *Pedoman Studi Pra Studi Kelayakan*. Jakarta: Buku. Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Firmansyah, Ifhan. (2011). *“Studi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dompyong 50Kw di Desa Dompyong, Bendungan, Trenggalek untuk Mewujudkan Desa Mandiri Energi (DME)”*, Yogyakarta: Skripsi Universitas Gajah Mada
- Rakhmawati, Tsani. 2016. *“Optimasi Diameter Pipa Pesat Pada Model Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)”*. Surakarta: Skripsi. Universitas Sebelas Maret.
- Rohermanto, Agus (2007). *“Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)”*, Pontianak: Skripsi. Politeknik Negeri Pontianak.
- Subandono, Agus, (2012). *“Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)”*, Kediri: Skripsi. Universitas Pawayatan Daha Kediri.
- Triatmodjo, Bambang. 2011. *Hidrolika II*, Yogyakarta: Buku. Beta Offset
- Wiranata, A.A, 2012. *“Analisis Return On Investment Proyek Pembangunan Gor Kerobokan Terhadap Penggunaan Modal Kerja Kontraktor”*, Denpasar: Skripsi: Universitas Udayana.

