

ANALISIS EKONOMI SISTEM PLTMH DAN POMPA AIR SUNGAI YEH HA DI KABUPATEN KARANGASEM

G. I. M. Leba¹, I. N. Setiawan², I. W. Sukerayasa², W. G. Ariastina²,
I. A. D. Giriantari², I. N. S. Kumara²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit, Jl Raya Kampus Unud Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80631
ghysaleba493@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Kayuan Yeh Ha merupakan pemandian yang terletak di Desa Ababi, Kabupaten Karangasem. Aliran air ini berasal dari mata air Yeh Ha yang dimanfaatkan oleh warga sekitar untuk berbagai keperluan. Salah satunya adalah mengisi bak penampungan air berkapasitas 58,74 m³ untuk mendistribusikan air ke 10 rumah. Dalam mendistribusikannya diperlukan kincir air sebagai penggerak pompa mekanik tanpa listrik. Namun karena adanya kerusakan, kincir air digantikan dengan pompa hidram yang kurang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dan sistem pompa air. Dengan adanya sistem PLTMH dan sistem pompa air, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengisian bak penampungan air dan memastikan keberlanjutan proyek melalui analisis ekonomi. Dari hasil pengukuran diperoleh debit mata air Yeh Ha mencapai 0,201 m³/s dengan head 4,6 m. Berdasarkan hasil tersebut, dipilih jenis turbin *crossflow* yang dilengkapi sistem pompa *sentrifugal* dan *variable frequency drive*, sehingga mampu memenuhi kebutuhan air untuk 12.277 orang atau 2.455 keluarga. Modal investasi PLTMH dan sistem pompa air sebesar Rp3.191.330.505 dengan umur ekonomi proyek 30 tahun. Dari hasil analisis kelayakan, perancangan sistem PLTMH Yeh Ha dan sistem pompa air layak untuk direalisasikan dimana dengan tingkat diskonto 10% dan 12% diperoleh nilai *net present value* positif masing - masing sebesar Rp1.534.531.357 dan Rp930.180.420 sedangkan hasil dari nilai BCR kurang dari 1 sebesar 0,48 dan 0,29. Pada tingkat pengembalian modal (IRR) mencapai 17,6% dan 15,5% beserta BEP unit yang perlu dijual adalah 2.699.253 m³ dengan waktu lama pengembalian selama 9 tahun pada tingkat diskonto 10% dan 10 tahun 4 bulan pada tingkat diskonto 12%.

Kata kunci : Energi Terbarukan, PLTMH, Pompa Air, BCR, IRR, NPV

ABSTRACT

Yeh Ha River in Ababi Village, Karangasem Regency, is a bathing spot utilized by locals for various purposes, fed by the Yeh Ha spring. Among its uses is filling a water tank with a capacity of 58.74 m³ to distribute water to 10 households. Initially, a waterwheel powered a mechanical pump without electricity. However, due to damage, a less efficient hydraulic ram pump replaced the waterwheel. The research aims to design a Microhydro Power Plant (PLTMH) and a water pump system. With these systems, it's expected to enhance the efficiency of filling the water tank and ensure project sustainability through economic analysis. Measurements indicate that Yeh Ha spring has a flow rate of 0.201 m³/s with a head of 4.6 m. Based on this, a crossflow turbine equipped with a centrifugal pump and variable frequency drive is chosen to meet the water needs of 12,277 people or 2,455 families. The investment for the PLTMH and water pump system is Rp3,191,330,505 with a project's economic life of 30 years. Feasibility analysis shows that the design is viable, with a positive net present value of Rp1,534,531,357 and Rp930,180,420 at discount rates of 10% and 12%, respectively. However, the benefit-cost ratio (BCR) is less than 1, at 0.48 and 0.29. The internal rate of return (IRR) is 17.6% and 15.5%, with a break-even point of 2,699,253 m³ sold, requiring a payback period of 9 years at a 10% discount rate and 10 years and 4 months at a 12% discount rate.

Key Words : Renewable Energy, PLTMH, Water Pump, BCR, IRR, NPV.

1. PENDAHULUAN

Akses air bersih menjadi kebutuhan dasar bagi manusia. Di Desa Ababi, Kabupaten Karangasem. Sumber mata air Yeh Ha merupakan tulang punggung pemenuhan kebutuhan air bersih bagi penduduk setempat. Dari sumber mata air ini, air mengalir ke pancuran pemandian, kolam sungai, dan selanjutnya menuju Bendungan Ababi. Meskipun telah ada upaya pemanfaatan sumber daya air dengan membangun penampungan air berkapasitas 58.750 liter, kendala muncul ketika kincir air yang digunakan untuk memompa air mengalami kerusakan pada tahun 2021. Untuk mengatasi tantangan ini, Kodam Udayana bersama *Monarch Group* menyumbangkan pompa *hidraulik ram* (hidram) pada tahun yang sama. Meskipun hidram dapat mengisi penampungan air, penggunaannya kurang efektif, hanya memanfaatkan seperlima dari aliran air yang tersedia dengan debit aliran 5 liter/detik. Dalam hal ini, kebutuhan akan air bersih menjadi sangat penting, terutama dengan populasi Desa Adat Ababi mencapai 10.431 jiwa pada tahun 2018 [1]. Terdapat perbedaan yang signifikan antara kapasitas penampungan air sebesar 58.740 liter dan jumlah rumah yang memanfaatkannya dimana hanya mencakup 10 rumah di Desa Ababi. Kondisi ini mengindikasikan potensi yang belum sepenuhnya dioptimalkan dalam upaya pemenuhan kebutuhan air bersih bagi masyarakat. Dengan kapasitas sebesar 58.740 liter seharusnya mampu memenuhi kebutuhan air untuk 195 KK dengan kebutuhan per orang sebesar 60 liter/hari [2]. Guna meningkatkan efisiensi pengisian penampungan air, penelitian ini menggabungkan pompa air listrik dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), menggunakan potensi debit air Kayuan Yeh Ha. Dengan demikian, diharapkan dapat menjawab kebutuhan energi di wilayah tersebut dan mendukung target Provinsi Bali untuk meningkatkan bauran energi baru terbarukan. Proyek ini merancang sistem pompa air yang mengintegrasikan pompa listrik dan PLTMH,

dimana energi dari aliran air akan menggerakkan turbin PLTMH untuk menghasilkan listrik. Dengan aspek ekonomi proyek, seperti *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, *Benefit to Cost Ratio*, *Break Even Point*, serta *Payback Period*, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi dari implementasi sistem PLTMH dan sistem pompa air.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pembangkit yang menggunakan aliran sumber air sebagai tenaga penggerak dengan memanfaatkan head dan debit air. Besar nilai debit dan head sumber air mempengaruhi besar energi listrik yang dihasilkan PLTMH. Jika debit dan head yang dihasilkan semakin besar, maka akan semakin besar energi listrik yang dihasilkan [3].

2.2 Sistem Pompa Air

Sistem pompa air merupakan sistem pemindahan fluida dari satu tempat ke tempat lainnya dengan memanfaatkan tekanan hidrolis untuk meningkatkan kecepatan fluida [4]. Pompa sentrifugal merupakan salah satu pompa yang paling sering digunakan. Pompa ini digerakan oleh motor penggerak yang terpasang pada poros pompa untuk memutar *impeller* sehingga fluida terdorong dan menghasilkan gaya sentrifugal dan menyebabkan fluida terdorong keluar dengan kecepatan tinggi. Terdapat 2 jenis motor listrik penggerak yaitu, motor arus bolak balik dan motor arus searah.

2.3 Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis ekonomi merupakan kajian yang digunakan untuk mengetahui apakah suatu proyek layak direalisasikan. Analisis ekonomi dimulai dari perhitungan keseluruhan biaya yang dikeluarkan selama umur ekonomi proyek atau *life cycle cost* yang terdiri dari biaya investasi, biaya *operational* dan *maintenance*, biaya energi

dan biaya penyusutan [5]. Kemudian akan dihitung biaya pendapatan yang diperoleh dari harga jual air selama pompa air listrik beroperasi. Terakhir, menentukan aliran kas dan kelayakan menggunakan parameter kelayakan investasi. Berikut merupakan parameter yang digunakan dalam analisis kelayakan ekonomi.

1. *Net Present Value* (NPV)

Metode *Net Present Value* merupakan metode yang digunakan untuk membandingkan nilai saat ini dari aliran kas bersih dengan nilai saat ini dari investasi awal berdasarkan tingkat bunga tertentu. Rumus untuk menghitung NPV adalah sebagai berikut [6].

$$NPV = \sum_{n=0}^x \frac{CF_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Keterangan:

NPV = *Net present value*

CF = Arus kas

i = Tingkat suku bunga (*Interest Rate*)

n = Lama waktu proyek

Dimana suatu proyek dikatakan layak jika parameter NPV memiliki nilai positif.

2. *Benefit to Cost Ratio* (BCR)

Benefit to Cost Ratio (BCR) merupakan parameter yang menunjukkan hubungan antara biaya dan keuntungan dari proyek dari segi kualitatif. Berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai BCR [7].

$$BCR = \frac{NPV}{Initial Cost} \quad (2)$$

Keterangan:

BCR = *Benefit to cost ratio*

NPV = *Net present value*

Initial Cost = *Biaya* investasi

Dimana suatu proyek akan dikatakan layak jika parameter BCR bernilai lebih besar dari 1.

3. *Internal Rate of Return* (IRR)

Internal Rate of Return merupakan persentase balik modal dari suatu investasi proyek. Rumus dalam perhitungan IRR adalah sebagai berikut [6].

$$IRR = I1 + \frac{NPV(+)}{NPV(+)-NPV(-)} (I2 - I1) \quad (3)$$

Keterangan:

IRR = *Internal rate of return*

NPV = *Net present value*

I1 = tingkat suku bunga yang

memberikan nilai NPV positif

I2 = tingkat suku bunga yang

memberikan nilai NPV negatif

4. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point merupakan suatu kondisi saat biaya investasi memiliki nilai yang sama dengan biaya pendapatan atau titik balik modal. Berikut merupakan rumus untuk menghitung BEP unit [6].

$$BEP = \frac{Initial Cost}{(Harga per unit - Biaya Variable per unit)} \quad (4)$$

Keterangan:

BEP = *Break even point*

Initial cost = *Biaya* Investasi

Harga per unit = Tarif listrik per kWh dan tarif air per m³

Biaya variabel per unit = *Biaya* sepanjang umur ekonomis PLTMH dan pompa air.

5. *Payback Period* (PP)

Payback Period merupakan metode untuk menghitung jangka waktu yang diperlukan untuk mencapai titik cash flow bernilai 0, atau biaya pendapatan sudah mampu menutupi biaya investasi. Berikut merupakan rumus dalam perhitungan *Payback Period* [6].

$$PP = n + \frac{a-b}{c-b} \times 1 \text{ tahun} \quad (5)$$

Keterangan:

PP = *Payback Period*

n = Tahun terakhir jumlah arus kas belum mampu menutupi modal investasi

a = *Initial cost*

b = Jumlah arus kas hingga tahun ke - n

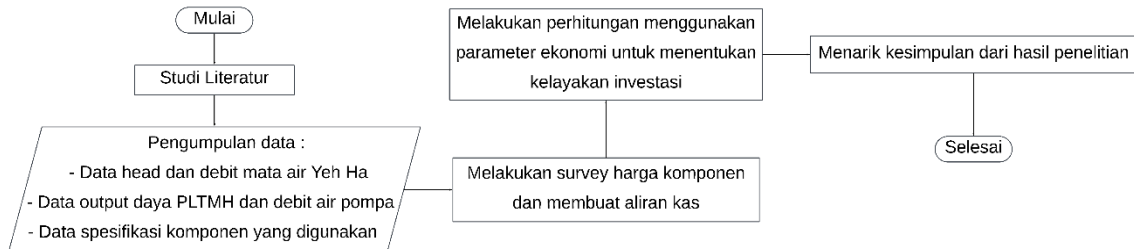
c = Jumlah arus kas hingga tahun ke - n+1

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kayuan Yeh Ha serta Bendungan Ababi yang terletak di Desa Ababi, Kecamatan Abang, Kabupaten Karangasem, Provinsi Bali.

Penelitian dilakukan bulan Agustus hingga November tahun 2023.

Diagram alir dari penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Gambar 1 menunjukkan alur prosedur penelitian yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu, studi literatur, survei harga komponen dan membuat aliran kas, tahap analisis, dan tahap penarikan kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil Lokasi PLTMH

Bendungan Ababi merupakan bendungan yang mengalirkan air dari mata air alami yang bersumber dari mata air Yeh Ha. Bendungan ini tepat berada pada titik koordinat $-8^{\circ}24'10''S115^{\circ}35'13'' E$ yang menonjol dengan topografi yang berbukit-bukit dan berhutan. Mata air Yeh Ha terletak tidak jauh dari lokasi bendungan Ababi dan mengalirkan air sepanjang tahun.

4.2 Sistem PLTMH

Setelah dilakukan pengukuran selama 1 minggu untuk mengukur nilai debit air pada mata air Yeh Ha, diperoleh debit air sebesar $0,201 \text{ m}^3/\text{s}$ dan ketinggian head sebesar 4,6 m. Kemudian dilakukan pemilihan turbin menggunakan grafik pemilihan jenis turbin air [8] dan diperoleh jenis turbin *crossflow*.

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh spesifikasi *penstock* dan turbin air pada tabel 1 dan tabel 2 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Penstock

Uraian Perancangan <i>Penstock</i>	
Kecepatan air dalam pipa	2,5 m/s

Bahan <i>Penstock</i>	<i>Mild Steel Galvanized</i>
Panjang <i>Penstock</i>	11 m
Diameter <i>Penstock</i>	0,32 m
Tebal <i>Penstock</i>	0,002 m
Rugi-rugi turbulensi	0,15 m
Rugi-rugi gesekan pada pipa	0,54 m
<i>Head Net</i>	4,06
Persentase kehilangan <i>head</i> akibat rugi-rugi	11,7%
Rugi-rugi total pada pipa	4,6 m
<i>Safety Factor</i>	1

Tabel 2. Spesifikasi Turbin

Spesifikasi Turbin	
Kapasitas Turbin	8 kW
Daya Keluaran Turbin	6,4 kW
Efisiensi Turbin	80%
Kecepatan Putaran Turbin	575 rpm
<i>Head Net</i>	4,03 m
Debit Desain Aliran	$0,201 \text{ m}^3/\text{s}$
Torsi Turbin	106 Nm

Berdasarkan hasil perhitungan turbin, diperoleh generator yang cocok digunakan adalah generator sinkron 3 fasa rotor permanen berkapasitas 8 kW dengan merk Sinar Mas tipe SM-G3-SK.

Dengan hasil perhitungan menggunakan data spesifikasi turbin dan generator, diperoleh ukuran *pulley* turbin dan generator masing-masing sebesar 60

cm dan 23 cm serta panjang *belt* sebesar 230 cm.

Besarnya energi yang dihasilkan PLTMH diperoleh dari besarnya potensi daya yang dihasilkan berdasarkan debit mata air Yeh Ha. Sehingga dapat diperoleh daya keluaran generator sebesar 6 kW.

4.3 Sistem Pompa Air

Motor listrik yang digunakan pada generator PLTMH adalah motor listrik AC, yang memiliki karakteristik arus starting yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan arus *running*. Maka untuk mengurangi lonjakan arus *starting*, digunakan *variable frequency drive*. Untuk memenuhi kebutuhan *variable frequency drive*, akan digunakan *inverter* ABB ACS580-01-018A-4 dengan kapasitas 7,5kW. Untuk dapat menentukan jenis pompa air yang digunakan, akan menyesuaikan dengan total *head* dan daya penggerak. Sehingga diperoleh jenis pompa yang digunakan adalah pompa Pedrollo F50/160B dengan daya penggerak 5,5 kW yang tersedia di *e-commerce* dengan harga Rp20.250.000 [9].

Dengan debit air pompa yang diperoleh sebesar 31,687 m³/jam dan ukuran penampungan air yang tersedia sebesar 58,74 m³. diperoleh waktu selama 111 menit untuk dapat memenuhi penampungan air tersebut. Dengan pengoptimalan akan dilakukan pengisian sebanyak 13 kali pengisian dari kosong sampai penuh.

Dengan perolehan debit harian sebesar 763,62 m³ tersebut, penggunaan pompa air dengan satu daya pembangkit dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih penduduk Desa Ababi sebanyak 12.277 orang atau setara dengan 2455 keluarga dengan kebutuhan air bersih rumah tinggal per orang per hari sebesar 60 liter/hari [2].

4.4 Asumsi Analisis Ekonomi

Berikut merupakan beberapa asumsi yang digunakan sebagai landasan dalam perhitungan.

1. Umur Ekonomi

Untuk kebutuhan analisa data, umur ekonomi proyek diasumsikan selama 30 tahun [10].

2. Inflasi

Dengan mempertimbangkan data tingkat inflasi selama 10 tahun terakhir, rata-rata tingkat inflasi yang diperoleh adalah sebesar 4,3%. Untuk keperluan penghitungan dan penyederhanaan, angka ini kemudian dibulatkan menjadi 4% [11].

3. Tingkat Diskonto

Tingkat diskonto diasumsikan sebesar 10% dan 12% [10].

4.5 Life Cycle Cost

Perhitungan LCC mencakup semua biaya yang dikeluarkan selama umur proyek yang terdiri dari biaya investasi, biaya operasi dan pemeliharaan, biaya penyusutan, dan biaya energi.

4.5.1 Biaya Investasi

Setelah memperoleh spesifikasi dari setiap komponen yang digunakan dalam sistem PLTMH dan pompa air, dapat dihitung biaya investasi yang harus dikeluarkan. Perhitungan rancangan anggaran biaya menggunakan website *estimator.id*, dimana mencakup perhitungan biaya komponen dan biaya jasa/instalasi yang diperoleh dari *website online shop, estimator.id*, IKK BPS, maupun peraturan yang berlaku. Sehingga diperoleh hasil perhitungan biaya investasi sistem PLTMH dan sistem pompa air yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Biaya Investasi

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARGA
1	Pekerjaan Pipa Pesat	Rp118.058.058
2	Pekerjaan Turbin	Rp 69,720,947
3	Pekerjaan Elektrik dan Generator	Rp22.777.677
4	Pekerjaan Rumah Pembangkit dan Bak Penampung	Rp61.849.700

5	Pekerjaan Sistem Pompa dan Distribusi Air	Rp2.602.666.143,61
JUMLAH HARGA		Rp2.875.072.526
PPN 11.00 %		Rp316.257.977
TOTAL HARGA		Rp3.191.330.504

4.5.2 Biaya Operational dan Maintenance

Biaya operational dan maintenance diperoleh dari hasil alokasi 2,5% dari biaya investasi [9].

Sehingga diperoleh:

$$Biaya\ O\&M = Initial\ Cost \times 2,5\%$$

$$Biaya\ O\&M = Rp3.191.330.504 \times 2,5\%$$

$$Biaya\ O\&M = Rp79.783.263$$

Sehingga dengan total biaya O&M sebesar Rp79.783.26, diperoleh biaya O&M selama umur ekonomi proyek pada tabel 4.

Tabel 4. Biaya Operational & Maintenance

Tahun	Tahun ke-	Biaya O&M dengan inflasi 4%/tahun	Present value O&M dengan discount rate 10%	Present value O&M dengan discount rate 12%
2023	0	Rp0	Rp0	Rp0
2024	1	Rp79.783.263	Rp72.530.211	Rp71.235.029
2025	2	Rp82.974.593	Rp68.573.992	Rp66.146.787
2026	3	Rp86.293.577	Rp64.833.567	Rp61.421.991
2027	4	Rp89.745.320	Rp61.297.166	Rp57.034.682
2028	5	Rp93.335.133	Rp57.953.660	Rp52.960.753
2029	6	Rp97.068.538	Rp54.792.528	Rp49.177.819
2030	7	Rp100.951.280	Rp51.803.823	Rp45.665.095
2031	8	Rp104.989.331	Rp48.978.138	Rp42.403.281
2032	9	Rp109.188.904	Rp46.306.581	Rp39.374.454
2033	10	Rp113.556.460	Rp43.780.747	Rp36.561.971
2034	11	Rp118.098.719	Rp41.392.686	Rp33.950.381
2035	12	Rp122.822.667	Rp39.134.882	Rp31.525.334
2036	13	Rp127.735.574	Rp37.000.233	Rp29.273.504
2037	14	Rp132.844.997	Rp34.982.019	Rp27.182.520
2038	15	Rp138.158.797	Rp33.073.889	Rp25.240.891
2039	16	Rp143.685.149	Rp31.269.840	Rp23.437.951
2040	17	Rp149.432.555	Rp29.564.194	Rp21.763.792
2041	18	Rp155.409.857	Rp27.951.583	Rp20.209.217
2042	19	Rp161.626.251	Rp26.426.933	Rp18.765.682
2043	20	Rp168.091.301	Rp24.985.445	Rp17.425.257
2044	21	Rp174.814.953	Rp23.622.585	Rp16.180.577
2045	22	Rp181.807.551	Rp22.334.062	Rp15.024.803
2046	23	Rp189.079.853	Rp21.115.823	Rp13.951.584
2047	24	Rp196.643.047	Rp19.964.033	Rp12.955.024
2048	25	Rp204.508.769	Rp18.875.069	Rp12.029.647
2049	26	Rp212.689.120	Rp17.845.502	Rp11.170.368
2050	27	Rp221.196.685	Rp16.872.094	Rp10.372.466
2051	28	Rp230.044.552	Rp15.951.781	Rp9.631.557
2052	29	Rp239.246.334	Rp15.081.666	Rp8.943.571
2053	30	Rp248.816.188	Rp14.259.013	Rp8.304.726
TOTAL		Rp4.474.639.318	Rp1.082.553.745	Rp889.320.715

4.5.3 Biaya Penyusutan

Biaya penyusutan merupakan biaya pengurangan nilai alat yang dipengaruhi

oleh biaya investasi, dan umur ekonomi proyek. Dengan asumsi nilai sisa aset setelah proyek berakhir adalah 0, maka diperoleh biaya penyusutan yaitu.

$$Biaya\ Penyusutan = \frac{Initial\ Cost - Nilai\ Residu}{Umur\ Ekonomi\ Proyek}$$

$$Biaya\ Penyusutan = \frac{Rp3.191.330.504 - Rp0}{30\ tahun}$$

$$Biaya\ Penyusutan = Rp106.377.683$$

Sehingga dengan total biaya penyusutan sebesar Rp106.377.683, diperoleh biaya penyusutan selama umur ekonomi proyek pada tabel 5.

Tabel 5. Biaya Penyusutan

Tahun	Tahun ke-	Biaya Penyusutan dengan inflasi 4%/tahun	PV Biaya Penyusutan dengan discount rate 10%	PV Biaya Penyusutan dengan discount rate 12%
2023	0	Rp0	Rp0	Rp0
2024	1	Rp106.377.683	Rp96.706.958	Rp94.980.048
2025	2	Rp110.632.791	Rp91.432.006	Rp88.195.733
2026	3	Rp115.058.102	Rp86.444.781	Rp81.896.013
2027	4	Rp119.660.427	Rp81.729.586	Rp76.046.273
2028	5	Rp124.446.844	Rp77.271.585	Rp70.614.373
2029	6	Rp129.424.717	Rp73.056.748	Rp65.570.466
2030	7	Rp134.601.706	Rp69.071.812	Rp60.886.839
2031	8	Rp139.985.774	Rp65.304.237	Rp56.537.757
2032	9	Rp145.585.205	Rp61.742.166	Rp52.499.325
2033	10	Rp151.408.613	Rp58.374.391	Rp48.749.352
2034	11	Rp157.464.958	Rp55.190.312	Rp45.267.235
2035	12	Rp163.763.556	Rp52.179.911	Rp42.033.840
2036	13	Rp170.314.099	Rp49.333.715	Rp39.031.403
2037	14	Rp177.126.663	Rp46.642.765	Rp36.243.426
2038	15	Rp184.211.729	Rp44.098.595	Rp33.654.590
2039	16	Rp191.580.198	Rp41.693.198	Rp31.250.671
2040	17	Rp199.243.406	Rp39.419.005	Rp29.018.461
2041	18	Rp207.213.142	Rp37.268.859	Rp26.945.695
2042	19	Rp215.501.668	Rp35.235.994	Rp25.020.983
2043	20	Rp224.121.735	Rp33.314.012	Rp23.233.751
2044	21	Rp233.086.604	Rp31.496.866	Rp21.574.179
2045	22	Rp242.410.068	Rp29.778.838	Rp20.033.147
2046	23	Rp252.106.471	Rp28.154.520	Rp18.602.190
2047	24	Rp262.190.730	Rp26.618.801	Rp17.273.443
2048	25	Rp272.678.359	Rp25.166.849	Rp16.039.607
2049	26	Rp283.585.494	Rp23.794.094	Rp14.893.903
2050	27	Rp294.928.913	Rp22.496.217	Rp13.830.034
2051	28	Rp306.726.070	Rp21.269.134	Rp12.842.156
2052	29	Rp318.995.113	Rp20.108.982	Rp11.924.841
2053	30	Rp331.754.917	Rp19.012.112	Rp11.073.049
TOTAL		Rp5.634.430.840	Rp1.424.394.939	Rp1.174.689.734

4.5.4 Biaya Energi

Biaya energi dapat dihitung berdasarkan biaya air permukaan yang digunakan oleh PLTMH. Untuk menghitung biaya energi, diperlukan data biaya air permukaan untuk Pembangkit tenaga Listrik. Dimana untuk air permukaan ditetapkan sebesar Rp. 50 setiap kWh [12]. Sehingga dari hasil perhitungan diperoleh energi yang dihasilkan PLTMH sebesar 51.984 kWh/tahun dapat diketahui biaya

yang dibayarkan kepada pemerintah setiap tahunnya yaitu.

$$Biaya\ Energi = 51.984\ kWh \times Rp.\ 50$$

$$Biaya\ Energi = Rp.\ 2.599.200$$

Sehingga dengan total biaya yang dibayarkan sebesar Rp2.599.200 per tahunnya, diperoleh biaya energi selama umur ekonomi proyek pada tabel 6.

Tabel 6. Biaya Energi

Tahun	Tahun ke-	Jumlah	Present value energy cost dengan discount rate 10%	Present value energy cost dengan discount rate 12%
2023	0	-	-	-
2024	1	Rp 2.599.200	Rp 2.362.882	Rp 2.320.688
2025	2	Rp 2.599.200	Rp 2.148.047	Rp 2.072.016
2026	3	Rp 2.599.200	Rp 1.952.743	Rp 1.849.987
2027	4	Rp 2.599.200	Rp 1.775.193	Rp 1.651.747
2028	5	Rp 2.599.200	Rp 1.613.785	Rp 1.474.748
2029	6	Rp 2.599.200	Rp 1.467.050	Rp 1.316.712
2030	7	Rp 2.599.200	Rp 1.333.655	Rp 1.175.609
2031	8	Rp 2.599.200	Rp 1.212.386	Rp 1.049.624
2032	9	Rp 2.599.200	Rp 1.102.142	Rp 937.138
2033	10	Rp 2.599.200	Rp 1.001.920	Rp 836.703
2034	11	Rp 2.599.200	Rp 910.809	Rp 747.030
2035	12	Rp 2.599.200	Rp 827.981	Rp 666.964
2036	13	Rp 2.599.200	Rp 752.683	Rp 595.477
2037	14	Rp 2.599.200	Rp 684.230	Rp 531.649
2038	15	Rp 2.599.200	Rp 622.000	Rp 474.660
2039	16	Rp 2.599.200	Rp 565.427	Rp 423.777
2040	17	Rp 2.599.200	Rp 513.997	Rp 378.345
2041	18	Rp 2.599.200	Rp 467.243	Rp 337.781
2042	19	Rp 2.599.200	Rp 424.739	Rp 301.564
2043	20	Rp 2.599.200	Rp 386.099	Rp 269.227
2044	21	Rp 2.599.200	Rp 350.972	Rp 240.354
2045	22	Rp 2.599.200	Rp 319.038	Rp 214.575
2046	23	Rp 2.599.200	Rp 290.007	Rp 191.558
2047	24	Rp 2.599.200	Rp 263.616	Rp 171.007
2048	25	Rp 2.599.200	Rp 239.623	Rp 152.658
2049	26	Rp 2.599.200	Rp 217.812	Rp 136.275
2050	27	Rp 2.599.200	Rp 197.984	Rp 121.648
2051	28	Rp 2.599.200	Rp 179.958	Rp 108.587
2052	29	Rp 2.599.200	Rp 163.571	Rp 96.926
2053	30	Rp 2.599.200	Rp 148.674	Rp 86.514
TOTAL		Rp 77.976.000	Rp 24.496.264	Rp 20.931.548

Setelah memperoleh hasil perhitungan untuk biaya investasi, biaya *operational* dan *maintenance* (O&M), biaya penyusutan, dan biaya energi, perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC) dapat dilakukan. Perhitungan biaya yang dikeluarkan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan *Life Cycle Cost*

Jenis Biaya	Jumlah Pengeluaran	PV Discount Rate 10%	PV Discount Rate 12%
<i>Initial Cost</i>	Rp3.191.330.505	Rp3.191.330.505	Rp3.191.330.505
<i>O&M Cost</i>	Rp4.474.639.318	Rp1.082.553.745	Rp889.320.715
<i>Depreciation Cost</i>	Rp5.634.430.840	Rp1.424.394.939	Rp1.174.689.734

Energy Cost	Rp77.976.000	Rp24.496.264	Rp20.931.548
TOTAL	Rp13.378.376.663	Rp5.722.775.454	Rp5.276.272.502

4.6 Proyeksi Pendapatan

Proyeksi pendapatan dapat diperoleh dengan mengetahui harga jual air pada wilayah Kabupaten Karangasem yaitu sebesar Rp. 2.800,00/m³ [13].

Debit air harian yang dihasilkan pompa sebesar 763,62 m³/hari, sehingga besarnya pendapatan dengan debit air yang dijual sebesar 275.666,82 m³/tahun dapat dilihat pada tabel 8.

$$Biaya\ Pendapatan = 275.666,82 \times Rp.\ 2.800$$

$$Biaya\ Energi = Rp.\ 771.867.096$$

Sehingga dengan total biaya pendapatan sebesar Rp.771.867.096 per tahunnya, diperoleh biaya pendapatan selama umur ekonomi proyek pada tabel 8.

Tabel 8. Biaya Pendapatan

Tahun	Tahun ke-	Pendapatan Air	Present value pendapatan dengan discount rate 10%	Present value pendapatan dengan discount rate 12%
2023	0	Rp0	Rp0	Rp0
2024	1	Rp771.867.096	Rp701.697.333	Rp689.167.023
2025	2	Rp771.867.096	Rp637.906.639	Rp615.327.673
2026	3	Rp771.867.096	Rp579.915.099	Rp549.399.681
2027	4	Rp771.867.096	Rp527.195.517	Rp490.535.403
2028	5	Rp771.867.096	Rp479.268.625	Rp437.978.011
2029	6	Rp771.867.096	Rp435.698.723	Rp391.051.769
2030	7	Rp771.867.096	Rp396.089.720	Rp349.153.338
2031	8	Rp771.867.096	Rp360.081.537	Rp311.744.025
2032	9	Rp771.867.096	Rp327.346.824	Rp278.342.853
2033	10	Rp771.867.096	Rp297.587.995	Rp248.520.378
2034	11	Rp771.867.096	Rp270.534.514	Rp221.893.168
2035	12	Rp771.867.096	Rp245.940.440	Rp198.118.873
2036	13	Rp771.867.096	Rp223.582.191	Rp176.891.824
2037	14	Rp771.867.096	Rp203.256.510	Rp157.939.102
2038	15	Rp771.867.096	Rp184.778.618	Rp141.017.028
2039	16	Rp771.867.096	Rp167.980.534	Rp125.908.034
2040	17	Rp771.867.096	Rp152.709.549	Rp112.417.861
2041	18	Rp771.867.096	Rp138.826.836	Rp100.373.063
2042	19	Rp771.867.096	Rp126.206.187	Rp89.618.780
2043	20	Rp771.867.096	Rp114.732.870	Rp80.016.741
2044	21	Rp771.867.096	Rp104.302.582	Rp71.443.492
2045	22	Rp771.867.096	Rp94.820.502	Rp63.788.805
2046	23	Rp771.867.096	Rp86.200.429	Rp56.954.264
2047	24	Rp771.867.096	Rp78.363.999	Rp50.851.994
2048	25	Rp771.867.096	Rp71.239.972	Rp45.403.540
2049	26	Rp771.867.096	Rp64.763.583	Rp40.538.848
2050	27	Rp771.867.096	Rp58.875.958	Rp36.195.373
2051	28	Rp771.867.096	Rp53.523.571	Rp32.317.271
2052	29	Rp771.867.096	Rp48.657.764	Rp28.854.679
2053	30	Rp771.867.096	Rp44.234.304	Rp25.763.080
TOTAL		Rp23.156.012.880	Rp7.276.318.922	Rp6.217.525.971

4.7 Aliran Kas (Cash Flow)

Setelah memperoleh biaya yang dikeluarkan dan biaya yang diperoleh selama umur ekonomi proyek, maka dapat dihitung aliran kas pada tabel 9.

Tabel 9. Aliran Kas

Tahun	Tahun ke-	CashFlow No Discount	CashFlow Discount Rate 10%	CashFlow Discount Rate 12%
2023	0	-Rp3.191.330.505	-Rp3.191.330.505	-Rp3.191.330.505
2024	1	-Rp2.608.223.555	-Rp2.661.233.223	-Rp2.670.699.246
2025	2	-Rp2.032.563.043	-Rp2.185.480.630	-Rp2.211.786.109
2026	3	-Rp1.464.646.826	-Rp1.758.796.621	-Rp1.807.554.419
2027	4	-Rp904.784.677	-Rp1.376.403.050	-Rp1.451.751.720
2028	5	-Rp353.298.757	-Rp1.033.973.456	-Rp1.138.823.582
2029	6	Rp189.475.883	-Rp727.591.060	-Rp863.836.811
2030	7	Rp533.714.910	-Rp453.710.629	-Rp622.411.016
2031	8	Rp524.292.791	-Rp209.123.852	-Rp410.657.653
2032	9	Rp514.493.787	Rp9.072.083	-Rp225.125.716
2033	10	Rp504.302.822	Rp194.430.938	-Rp62.753.365
2034	11	Rp493.704.219	Rp173.040.707	Rp79.175.157
2035	12	Rp482.681.672	Rp153.797.665	Rp123.892.735
2036	13	Rp471.218.223	Rp136.495.561	Rp107.991.440
2037	14	Rp459.296.237	Rp120.947.496	Rp93.981.508
2038	15	Rp446.897.370	Rp106.984.134	Rp81.646.887
2039	16	Rp434.002.549	Rp94.452.069	Rp70.795.635
2040	17	Rp420.591.935	Rp83.212.353	Rp61.257.262
2041	18	Rp406.644.897	Rp73.139.151	Rp52.880.371
2042	19	Rp392.139.977	Rp64.118.522	Rp45.530.551
2043	20	Rp377.054.860	Rp56.047.313	Rp39.088.506
2044	21	Rp361.366.339	Rp48.832.159	Rp33.448.382
2045	22	Rp345.050.276	Rp42.388.563	Rp28.516.280
2046	23	Rp328.081.572	Rp36.640.079	Rp24.208.932
2047	24	Rp310.434.119	Rp31.517.549	Rp20.452.520
2048	25	Rp292.080.767	Rp26.958.431	Rp17.181.627
2049	26	Rp272.993.282	Rp22.906.175	Rp14.338.302
2050	27	Rp253.142.298	Rp19.309.663	Rp11.871.225
2051	28	Rp232.497.274	Rp16.122.698	Rp9.734.970
2052	29	Rp211.026.449	Rp13.303.545	Rp7.889.341
2053	30	Rp188.696.791	Rp10.814.506	Rp6.298.790
TOTAL		Rp9.445.881.300	Rp1.534.531.357	Rp930.180.420

Dimana pada tabel 9, terlihat adanya titik balik *Cash Flow* yang tercapai ketika mencapai nilai Rp. 0, yang dikenal sebagai *break even point*. Sehingga, proyek ini memiliki potensi untuk menghasilkan keuntungan.

4.8 Parameter Kelayakan Investasi

Analisis kelayakan proyek ditentukan dengan menggunakan parameter kelayakan investasi, antara lain *Net Present Value* (NPV), *Benefit to Cost Ratio* (BCR), *Internal Rate of Return* (IRR), *Break Even point* (BEP), dan *Payback Period* (PP). Perhitungan dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* dan diperoleh hasil pada tabel 10.

Tabel 10. Parameter Kelayakan Investasi

Parameter Kelayakan Investasi	Discount Rate 10%	Discount Rate 12%
NPV	Rp1.534.531.357	Rp930.180.420
BCR	0,48	0,29
IRR	17,6%	15,5%
BEP	2699253	
PP	9,0	10,4
LCC	Rp5.722.775.454	Rp5.276.272.502

Pada tabel 10 diperoleh nilai-nilai parameter kelayakan investasi yang menjadi indikator kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dan sistem pompa air. Dengan menganalisis nilai-nilai parameter ini, keputusan dapat diambil untuk menentukan apakah investasi dalam PLTMH dan sistem pompa air dapat memberikan hasil yang memadai dan apakah proyek tersebut layak untuk dilanjutkan. Berikut adalah hasil analisis dari parameter kelayakan investasi proyek PLTMH dan sistem pompa air:

1. *Net Present Value* (NPV)

Pada tabel 10 diperoleh nilai NPV sebesar Rp1.534.531.357 pada tingkat diskonto 10% dan pada tingkat diskonto 12% sebesar Rp930.180.420. Nilai ini menunjukkan nilai positif yang menandakan bahwa proyek dapat menghasilkan keuntungan yang layak secara finansial.

2. *Benefit to Cost Ratio* (BCR)

Pada tabel 10 diperoleh nilai BCR sebesar 0,48 pada tingkat diskonto 10% dan pada tingkat diskonto 12% sebesar 0,29. Nilai BCR proyek kurang dari 1 menandakan bahwa manfaat yang dihasilkan belum melebihi.

3. *Internal Rate of Return* (IRR)

Dalam analisis kelayakan, suatu proyek dianggap layak jika IRR-nya melebihi tingkat pengembalian yang diharapkan. Pada proyek ini diperoleh nilai IRR pada tabel 10 sebesar 17,6% pada tingkat diskonto 10% dan 15,5% pada tingkat diskonto 12%. Oleh karena itu, proyek dapat dianggap layak, mengingat tingkat pengembalian yang dihasilkan jauh lebih tinggi daripada tingkat yang diharapkan

4. *Break Even Point* (BEP)

Metode perhitungan BEP unit digunakan untuk menentukan jumlah unit produk yang perlu dijual agar proyek mencapai titik impas atau break even point. Parameter *break even point* (BEP) unit yang diperoleh pada tabel 10 adalah sebesar 2.699.253 m³. Hal ini menunjukkan bahwa pada tingkat penjualan air sebesar 2.699.253 m³, proyek mencapai titik balik modal atau titik *break even point*.

5. *Payback period* (PP)

Perhitungan *payback period* digunakan untuk mengetahui berapa lama waktu pengembalian modal. Pada tabel 10 diperoleh lama pengembalian investasi pada pembangunan PLTMH dan sistem pompa air pada tingkat diskonto 10% selama 9 tahun dan pada tingkat diskonto 12% selama 10 tahun 4 bulan. Sehingga berdasarkan parameter PP, pembangunan PLTMH dan sistem pompa air dikatakan layak karena waktu pengembalian investasi tidak lebih dari umur ekonomi proyek.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai analisis ekonomi sistem PLTMH Yeh Ha dan sistem pompa air di Desa Ababi, Kabupaten Karangasem, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Investasi total yang dibutuhkan untuk perancangan sistem PLTMH, sistem pompa air, dan sistem distribusi adalah sebesar Rp3.191.330.505.
2. Pada perhitungan menggunakan parameter kelayakan investasi diperoleh nilai NPV, BEP, IRR, dan PP dapat dikatakan layak sedangkan dengan parameter BCR diperoleh bahwa proyek belum layak direalisasikan dengan pengembalian proyek selama 9 tahun pada tingkat diskonto 10% dan 10 tahun 4 bulan pada tingkat diskonto 12%.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Karangasem, P. P. K., (2018). Data Detail - Pusat Data Karangasem. [online]. [Diakses 23 Agustus 2023]. Tersedia pada: https://www.pusatdata.karangasemkab.go.id/?page=Data-Detail&language=id&domian=&data_id=1556822925

[2] Adhya Tirta Batam Official Website.,(2016). Standar Kebutuhan Air Bersih Setiap Orang. [online]. [Diakses 24 Januari 2024]. Tersedia pada : <https://www.atbbatam.com/?md=view&id=1-17070500012>

[3] Saputra, I.W.B., Weking, A.I. and Jasa, L., (2017). Rancang bangun pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (pltmh) menggunakan kincir overshot wheel. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), p.48.

[4] Suarda, M., (2016). *Pompa Dan Kompresor Bagian I : Pompa* . Denpasar: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana.

[5] CFI Team., (2023). *Life Cycle Cost Analysis* [online]. [Diakses 22 Mei 2023]. Tersedia pada: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/accounting/life-cycle-cost-analysis/>

[6] Suatan, R.A. dkk., (2020). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro. Kajian Ekonomi Rencana PLTMH di Desa Panji*, pp. 263-270. [online]. [Diakses 22 Mei 2023]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.24843/MITE.2020.v19i02.P20>

[7] Hayes., (2022). *Benefit-Cost Ratio (BCR): Definition, Formula, and Example* [online]. [Diakses 17 Mei 2023]. Tersedia pada: [https://www.investopedia.com/terms/b/bcr.asp#:~:text=The%20benefit%2Dcost%20ratio%20\(BCR\)%20is%20an%20indicator%20showing,a%20firm%20and%20oits%20investors](https://www.investopedia.com/terms/b/bcr.asp#:~:text=The%20benefit%2Dcost%20ratio%20(BCR)%20is%20an%20indicator%20showing,a%20firm%20and%20oits%20investors)

[8] Odi, F dan Warto., (2020). *Jurnal Suara Teknik. Kajian Analisis Efisiensi Turbin Dan Generator Simulator Pembangkit Listrik Pikohidro di Laboratorium Konversi Energi*, pp. 38-44. [online]. [Diakses 22 Mei 2023]. Tersedia pada: <http://dx.doi.org/10.29406/stek.v11i1.1943>

[9] Tokopedia. (2023). *Harga Generator Sinar Mas 8kW G3 3 Fasa*. [online]. [Diakses: 24 Januari 2024]. Tersedia pada: https://www.tokopedia.com/sentralpompa/pedrollo-pompa-sentrifugal-f50-160b-5-5kw-3-phase-pedrollo-f50-160b?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=pdp-seo

- [10] Renewable Energy Association., (2012). Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. IRENA Working Paper. [online]. [Diakses: 9 Agustus 2023]. Tersedia pada:
<https://www.irena.org/publications/2012/Jun/Renewable-Energy-Cost-Analysis---Wind-Power>
- [11] Bank Indonesia., (2023). Data Inflasi. [online]. [Diakses 22 Mei 2023]. Tersedia pada:
<https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/data-inflasi.aspx>
- [12] Peraturan Gubernur Bali No.33 Tahun 2017 Pasal 2 Ayat 3 butir b. Tentang Harga Dasar Air Pengenaan Pajak Pengambilan dan Pemanfaatan Air Bawah Tanah Dan Air Permukaan. Bali : PemProv. Bali.
- [13] Rohim, S., (2023). NAIK! Per Januari 2023 Ini Tarif Air Bersih di Karangasem Jadi Rp 47.000 Per Bulan, Ini Ulasannya. [online]. [Diakses 22 Mei 2023]. Tersedia pada:
<https://bali.tribunnews.com/2023/01/20/naik-per-januari-2023-ini-tarif-air-bersih-di-karangasem-jadi-rp-47000-per-bulan-ini-ulasannya>.