JURNAL | SAINS DAN TEKNOLOGI
KEILMUAN DAN APLIKASI TEKNOLOGI INDUSTRI
E-ISSN : 2615-2827 P-ISSN : 1412-5455
Volume 25, Nomor 1 Tahun 2025
https://ejurnalsttind.id/index.php/SainsdanTeknologi

Studi Kelayakan Aspek Finansial Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Piko-hidro untuk Listrik Desa dengan Penggerak Mula Pompa Sentrifugal Sebagai Turbin

Asep Neris Bachtiar[1)*], Boby Rachman[2)], Riko Ervil[3)]

[1,2,3] Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang, Padang, Indonesia.

asepnerisb@sttind.ac.id*; bobyrachman71@gmail.com; rikopdg01@gmail.com

ABSTRAK

Pompa sebagai turbin (PST) merupakan salah satu solusi yang ditawarkan oleh para peneliti agar masyarakat lebih mudah mendapatkan turbin air untuk pembangkit listrik tenaga piko-hidro. Penerapan PST pada sistem pembangkit listrik piko-hidro di masyarakat masih terbatas, hal ini antara lain karena belum adanya studi kelayakan PST pada sistem pembangkit listrik piko-hidro terutama dari aspek finansial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga piko-hidro di desa terpencil yang belum memiliki jaringan listrik dengan menggunakan pompa sentrifugal sebagai turbin. Hasil analisis aspek finansial diketahui nilai BCR = 1,06 lebih besar dari 1,00, artinya pendapatan dari pengoperasian pembangkit listrik tenaga piko-hidro melebihi biaya yang dikeluarkan. PBP = 7,34 tahun, artinya investasi pembangkit listrik tenaga piko-hidro dapat dikembalikan sebelum mencapai umur ekonomis 10 tahun. NPV = Rp. 6.130.000;, artinya keuntungan dari pembangkit listrik tenaga piko-hidro selama 10 tahun beroperasi adalah Rp. 6.130.000;. IRR = 18,12% lebih tinggi dari suku bunga bank 12%. Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa pembangunan pembangkit listrik tenaga piko-hidro dianggap layak untuk dilaksanakan. Studi kelayakan ini dapat dilanjutkan dengan menganalisis dari aspek lain seperti aspek ekonomi, aspek teknis, dan aspek lingkungan.

Kata kunci: Turbin, piko-hidro, pompa sentrifugal, pompa sebagai turbin, PST, studi kelayakan.

ABSTRACT

Pump as turbine (PST) is one of the solutions offered by researchers to make it easier for people to get water turbines for pico-hydro power plants. The application of PST to pico-hydro power plant systems in the community is still limited, this is partly because there has been no feasibility study of PST on pico-hydro power plant systems, especially from the financial aspect. This study aims to analyze the feasibility of building a pico-hydro power plant in a remote village that does not yet have an electricity network using a centrifugal pump as a turbine. The results of the financial aspect analysis show that the BCR value = 1.067 is greater than 1.00, meaning that the income from operating the pico-hydro power plant exceeds the costs incurred. PBP = 7.34 years, meaning that the investment in the pico-hydro power plant can be returned before reaching an economic age of 10 years. NPV = Rp. 6.130.000;, meaning that the profit from the pico-hydro power plant during 10 years of operation is Rp. 6.130.000;. IRR = 18.12% is higher than the bank interest rate of 12%. The results of the analysis above indicate that the construction of a pico-hydro power plant is considered feasible to implement. This feasibility study can be continued by analyzing other aspects such as economic aspects, technical aspects, and environmental aspects.

Keywords: *Turbine, pico-hydro, centrifugal pump, pump as turbine, PST, feasibility study.*

Copyright (c) 2025 Asep Neris Bachtiar, Boby Rachman, Riko Ervil
DOI: https://doi.org/10.36275/7wxgfk23

PENDAHULUAN

Energi terbarukan dari sumber alam di dunia cukup banyak tersedia dan dapat didayagunakan untuk memperoleh energi listrik (Carravetta, Fecarotta, & Ramos, 2021).

Sumber energi terbarukan saat ini yang paling banyak dimanfaatkan adalah energi surya, angin, dan air (Ali et al., 2023). Indonesia yang memiliki ribuan pulau mempunyai potensi sumber daya energi air yang besar antara lain energi gelombang air laut, energi arus pasang-surut, dan energi potensial air (Bachtiar, A. N. et al., 2021). Inovasi teknologi energi terbarukan terus berkembang (Dhaubanjar et al., 2021). Berbagai solusi telah diuji cobakan dan ditawarkan untuk memenuhi kebutuhan energi, namun belum ada jaminan kualitas dan jaminan potensi kapasitas produksi energi, hal ini menjadi tantangan bagi para peneliti (Uchiyama, Honda, Okayama, & Degawa, 2016). Masyarakat di negara-negara berkembang menggunakan kompor biomassa karena konstruksinya yang sederhana, namun kelemahannya adalah konsumsi bahan bakunya yang tinggi dan efisiensi termal yang masih rendah (Thyer & White, 2023). Pada tahun 2050 target pemanfaatan energi baru dan terbarukan sekitar 31%, hal ini disebabkan potensi energi panas bumi, air, dan bioenergi cukup besar (Verma, Gaba, & Bhowmick, 2017). Inovasi sistem pembangkit terus dilakukan oleh para peneliti diantaranya sistem pembangkit yang dibangun lebih sederhana, lebih kompak, tidak berisik dan pemanfaatannya serbaguna (Satou et al., 2023). Potensi energi air skala kecil (piko-hidro dan mikro-hidro) banyak tersedia di pedesaan, hal ini menarik pemerhati energi terbarukan untuk mengkajinya (Achebe, Okafor, & Obika, 2020). Pembangkit listrik tenaga air skala kecil ini mempunyai beberapa keunggulan sehingga pembangkit listrik tenaga air skala kecil ini menarik untuk diteliti dan dikembangkan (Chaulagain, Poudel, & Maharjan, 2023). Kontruksi bangunan pembangkit energi air skala kecil dapat lebih disederhanakan sehingga biaya investasi menjadi lebih murah**.** Keunggulan lain, terdapat tiga mesin fluida yang dapat difungsikan sebagai penggerak mula yaitu blower sentrifugal, pompa sentrifugal, dan kompresor sentrifugal (Bahtiar, A. N. et al., 2020). Perkembangan pembangkit skala kecil semakin populer karena persyaratan konstruksi yang lebih ringan, desain dan pengoperasiannya yang sederhana, pemasangan yang lebih mudah, dan dampak lingkungan yang lebih kecil (Chichkhede, Verma, Gaba, & Bhowmick, 2016) . Bagi masyarakat di negara-negara berkembang, pembangkit listrik tenaga air skala kecil merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang menjadi pilihan ekonomis (Wu, Wu, Zuo, & Chen, 2022). Minat dan perhatian para peneliti dan masyarakat terhadap pengembangan pembangkit listrik tenaga mikro-hidro dan piko-hidro khususnya penggerak mula dengan head rendah dalam beberapa tahun terus meningkat (Guiamel & Lee, 2020). Penggunaan teknologi pemanfaatan sumber air *head* rendah saat ini sudah cukup berkembang karena kepraktisannya dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Turbin dengan head rendah adalah pilihan populer karena efisiensinya yang tinggi dan kemampuan beroperasi pada debit rendah (Kamal et al., 2023) .

Pembangkit listrik tenaga mikro-hidro dan piko-hidro konvensional telah banyak dibangun di banyak pedesaan khususnya di Propinsi Sumatera Barat (Bachtiar, A. N., Pohan, Ervil, & Nofriadiman, 2023). Semua pembangkit konvensional tersebut dibangun dengan kontruksi permanen sehingga lahan yang dibutuhkan cukup luas. Bangunan sipil sistem pembangkit ini lebih dominan baik bahan yang digunakan maupun volume kerjanya saat pembangunan, sehingga biaya investasi dan pemeliharaan relatif lebih mahal. Sementara, pompa sebagai turbin (PST) merupakan salah satu penggerak mula alternatif yang ditawarkan oleh para peneliti agar masyarakat lebih mudah mendapatkan turbin air untuk pembangkit listrik tenaga piko-hidro. Penerapan PST pada sistem pembangkit listrik piko-hidro di masyarakat masih terbatas, hal ini antara lain karena belum adanya studi kelayakan PST pada sistem pembangkit listrik piko-hidro terutama dari aspek finansial**.** Dengan karakteristik seperti itu menjadi kendala untuk pengembangan dan penyebaran pembangkit mikro dan piko-hidro di masyarakat (Bachtiar, A. N. et al., 2023). Ini sebuah tantangan, maka melalui sebuah penelitian, peneliti berhasil menganalisis tingkat kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga piko-hidro di sebuah desa terisolir dengan penggerak mula pompa sentrifugal

sebagai turbin. Hasil analisis diharapkan dapat menginspirasi bagi pemerhati, peneliti, dan mayarakat desa untuk terus membangun pembangkit listrik tenaga piko-hidro dengan memanfaatkan potensi air yang ada di sekitarnya.

METODE

1. Jenis Penelitian

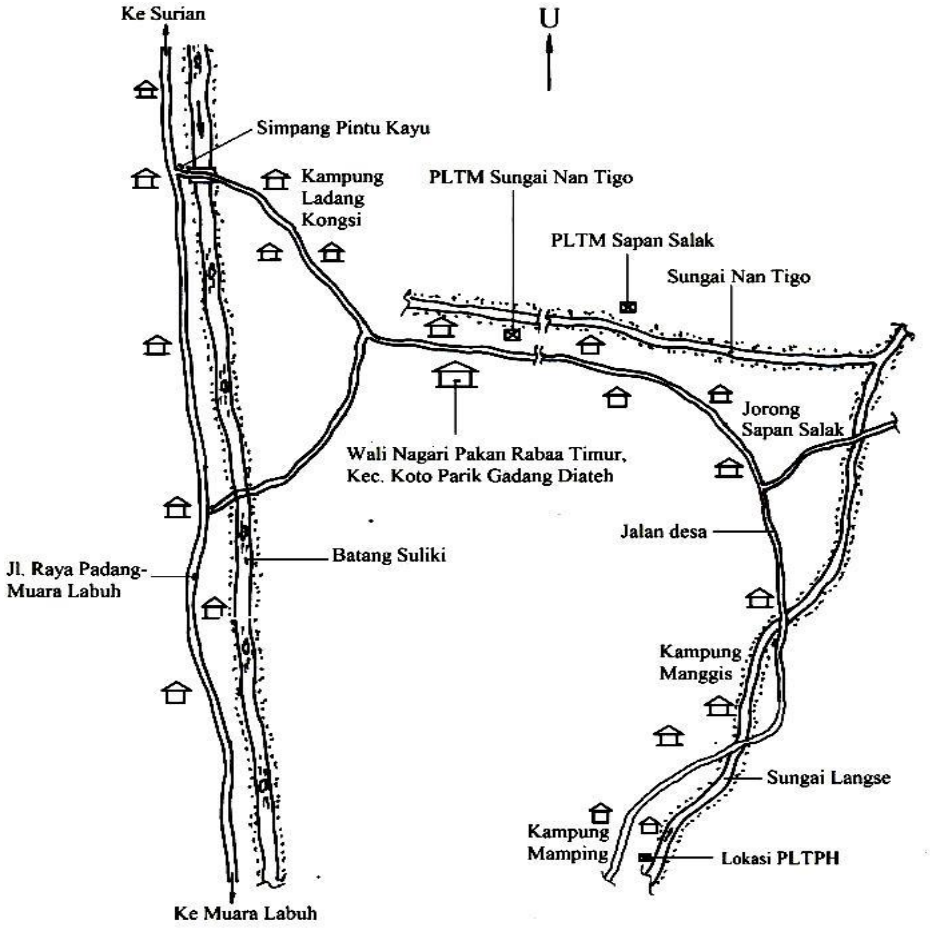
Jenis penelitian ini adalah penelitian survey dengan tujuan untuk menganalisis layak tidaknya pembangkit listrik tenaga piko-hidro dibangun di lokasi penelitian ditinjau dari aspek finansial. Tahapan penelitian diawali dengan survei lapangan untuk mengumpulkan data teknis terkait rencana pembangunan pembangkit listrik piko-hidro, seperti posisi pembangkit, *head* potensial, debit air, jarak dari lokasi pembangkit listrik ke rumah penduduk, dan jumlah konsumen listrik. Tahapan selanjutnya adalah perancangan sistem pembangkit listrik untuk menentukan jenis dan jumlah bahan serta alat yang dibutuhkan untuk pembangunan pembangkit listrik piko-hidro, dilanjutkan dengan survey pasar untuk menentukan harga masing-masing bahan dan peralatan yang dibutuhkan. Tahap terakhir adalah analisis kelayakan finansial dengan lima parameter yaitu *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Payback Period* (PBP), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan analisis sensitivitas.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kampung Mamping yang berbatasan dengan Kampung Manggis di Kanagarian Pakan Rabaa Timur, Kecamatan Koto Parik Gadang Diateh, Kabupaten Solok Selatan Propinsi Sumatera Barat, Indonesia pada posisi koordinat 101.06^0 BT dan 1.509^0 LS seperti terlihat pada Gambar 1. Lokasi penelitian Pembangkit listrik dibangun di tepi Sungai Langse, anak sungai yang mengalir melalui Kampung Mamping yang digunakan masyarakat untuk mengairi sawah, mandi dan mencuci seperti terlihat pada Gambar 2. Aliran air Sungai Langse cukup deras, pada musim kemarau debitnya 150 L/s, kemiringan dasar saluran sekitar 10^0. Air bersih sangat mendukung untuk digunakan sebagai fluida penggerak turbin air. Lokasi pembangkit listrik piko-hidro akan memanfaatkan lokasi kincir air yang sudah empat tahun rusak dan tidak beroperasi. Peralatan yang ada di sekitar lokasi pembangkit adalah bendungan dan *head race*. Areal di sekitar lokasi pembangkit berupa perbukitan yang sebagian besar merupakan hutan dan persawahan, selebihnya berupa perkampungan penduduk.



Gambar 1. Posisi lokasi penelitian



Gambar 2. Lokasi pembangkit listrik tenaga piko-hidro (PLTPH)

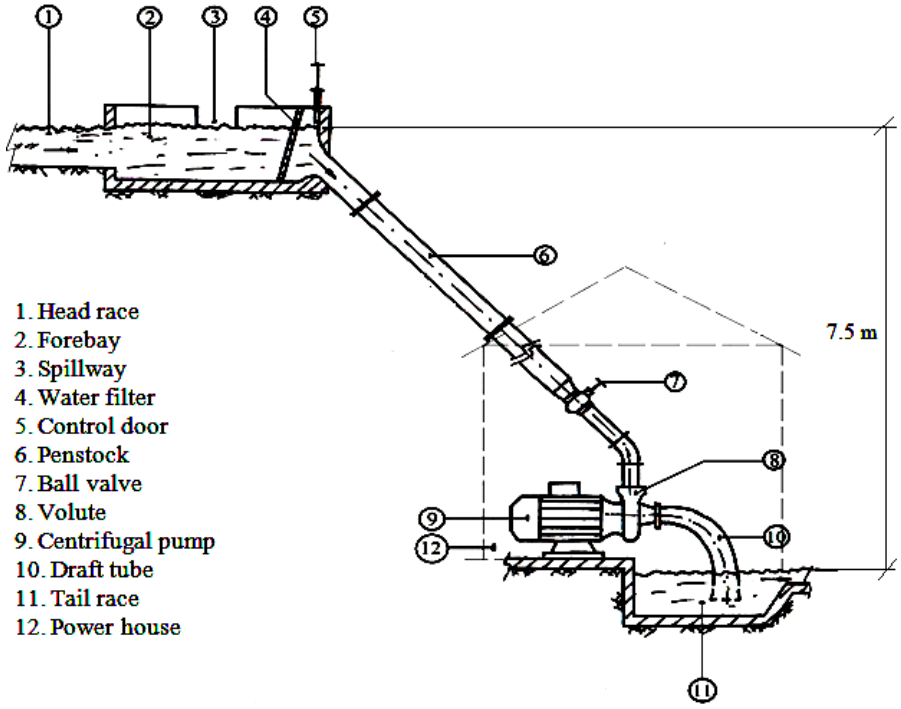
Lokasi pembangkit memanfaatkan *head race* atau saluran pengantar eksisting yang telah digunakan oleh masyarakat untuk mengalirkan air ke sawah mereka. *Head race* ini akan digunakan sebagai saluran penghantar air ke *forebay* atau bak penenang dari sistem pembangkit listrik piko-hidro. Untuk dapat menampung debit air yang lebih besar maka *head race* diperlebar dan diperdalam mengelilingi bukit sepanjang 90 m, di bawahnya mengalir Sungai Langse. Posisi dan lintasan *head race* seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Head race* dan posisi *forebay* sudah dibersihkan

3. Identifikasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Sistem pembangkit listrik piko-hidro terdiri dari lima komponen utama yaitu *head race, forebay, penstock, power house* dan turbin sebagai penggerak mula atau *prime mover. Forebay* dibangun di ujung *head race* yang dilengkapi dengan *inlet, spillway* dan filter. Komponen pembangkit listrik piko-hidro lainnya yang dibangun adalah power house yang di dalamnya terdapat PST dan di bawah lantainya dilengkapi dengan *tail race*. Posisi *power house* sekitar 8,5 m dari posisi *forebay*. Hasil survei menunjukkan bahwa perbedaan elevasi muka air di *forebay* dan muka air di *tail race* sekitar H = 7,5 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem pembangkit listrik tenaga piko-hidro

4. Kebutuhan Daya Listrik

Semua kepala keluarga di Kampung Mamping bekerja sebagai petani dengan penghasilan relatif rendah. Kebutuhan daya listrik setiap keluarga petani di sana diperkirakan sekitar 100 W yang digunakan untuk penerangan dengan lima lampu LED hemat energi masing-masing 20 W. Berdasarkan identifikasi lapangan, terdapat sekitar 25 rumah tangga yang kebutuhan listriknya dapat terpenuhi oleh pembangkit piko-hidro ini. Setelah ditambah untuk penerangan jalan dan rugi daya pada instalasi listrik diperkirakan sekitar 500 W, maka total daya listrik yang dibutuhkan sekitar 3.000 W. Daya 3.000 W tersebut dapat dipenuhi oleh sistem pembangkit listrik tenaga piko-hidro dengan daya terpasang generator sebesar 5,0 kW.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Investasi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Investasi pembangunan pembangkit listrik piko-hidro digunakan untuk pengadaan bangunan sipil, bangunan mekanikal, dan bangunan elektrikal. Komponen bangunan sipil terdiri dari bendungan, *head race, forebay, spillway, penstocks, power house,* dan *tail race*.

Komponen bangunan mekanikal terdiri dari PST, sistem transmisi, generator, valve, *draft tube*, rangka atau dudukan turbin. Komponen bangunan elektrikal terdiri dari kabel jaringan perantara, *mini circuit breaker* (MCB), sakelar, isolator, dan bola lampu. Material yang dibutuhkan untuk pengadaan bangunan sipil dan mekanik antara lain baja plat, baja U, baja beton, baja siku, sabuk katrol, semen, pasir, batu, kayu, atap seng dan lain-lain. Total anggaran pengadaan bangunan sipil, mekanikal, dan elektrikal adalah Rp. 20.890.000; dengan perincian seperti ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Investasi pembangunan pembangkit listrik tenaga piko-hidro

No	Alokasi	Biaya (Rp)
1	Bangunan mekanikal	11.120.000
2	Bangunan sipil	6.888.670
3	Bangunan elektrikal	2.881.330
	Total	20.890.000

2. Biaya Produksi/ Operasi dan Perawatan (POP)

Biaya POP terdiri dari biaya tetap dan biaya tidak tetap, biaya tetap berasal dari depreasi, biaya upah operator, dan biaya perawatan. Umur ekonomis PLTPH diasumsikan sekitar 10 tahun dengan nilai sisa adalah Rp. 2.000.000, maka biaya tetap depresi adalah Rp. 1.889.000/tahun. Biaya tetap lainnya terdiri dari biaya upah operator dan biaya pemeliharaan. Direncanakan operator pembangkit berasal dari salah seorang penduduk yang posisi rumahnya dekat dengan bangunan pembangkit dengan gaji perbulan sebesar Rp 500.000. Biaya pemeliharaan terdiri dari biaya pemeliharaan bangunan sipil, bangunan mekanis, dan pemeliharaan bangunan elektris yang diasumsikan sekitar 2% dari investasi PLTPH yakni sebesar Rp. 417.800/tahun. Total biaya tetap per tahun adalah Rp. 8.306.800.

3. Pendapatan

Besar pendapatan yang diperoleh dari pengoperasian PLTPH berasal dari iuran rekening listrik yang dibayarkan masyarakat. Setiap rumah diberi beban listrik yang sama sekitar 150 W dengan pembatasan melalui pemasangan MCB 1 Amper, kewajiban masing-masing rumah adalah sama yaitu sebesar Rp. 40.000/bulan. Jumlah konsumen listrik sekitar 25 rumah, maka total pendapatan yang diperoleh pengurus PLTPH setiap tahunnya adalah Rp. 12.000.000 seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variabel aspek finansial

No	Variabel	Nilai
1	Investasi PLTMH	Rp 20.890.000
2	Umur ekonomis	10 tahun
3	Nilai sisa	Rp 2.000.000
4	Depresiasi pertahun	Rp 1.889.000
5	Biaya POP tahun pertama	Rp 8.306.800
6	Kenaikan POP pertahun	5 %
7	Pendapatan dari biaya penjualan listrik tahun pertama	Rp 12.000.000
8	Kenaikan pendapatan pertahun	5 %

4. Studi Kelayakan Finansial

Studi kelayakan aspek finansial terdiri dari lima parameter, yaitu analisis *Payback Period* (PBP), analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR), analisis *Net Present Value* (NPV), analisis *Internal Rate of Return* (IRR), dan analisis *Sensitifitas.*

a. Analisis *Payback Period* (PBP)

Payback Period adalah periode yang dibutuhkan untuk dapat menutup kembali pengeluaran investasi PLTPH dengan menggunakan *proceeds* atau aliran kas netto. Dengan analisis ini dapat diketahui lama waktu yang diperlukan agar dana yang tertanam pada proyek PLTPH dapat diperoleh kembali seluruhnya. Tabel 3. membandingkan setoran pendapatan (*benefit*) dari penjualan listrik kepada masyarakat dengan biaya (*cost*) atas dasar nilai sekarang (*present value*) dengan asumsi bunga 12 %.

Tabel 3. Analisis *payback period*

Tahun	*Present Value*		
	Cost (Rp)	*Benefit* (Rp)	*Cost Flow* (Rp)
0		20.890.000	20.890.000
1	7.786.875	11.250.000	3.463.125
2	7.300.195	10.546.875	3.246.680
3	6.843.933	9.887.695	3.043.762
4	6.416.187	9.269.714	2.853.527
5	6.015.176	8.690.357	2.675.182
6	5.639.227	8.147.210	2.507.983
7	5.286.776	7.638.009	2.351.234
8	4.956.352	7.160.634	2.204.281
9	4.646.580	6.713.094	2.066.514
10	4.356.169	6.293.525	1.937.357
Total			26.349.645

$$PBP = 7 \text{ tahun} + \left(\frac{20.890.000 - 20.141.493}{2.204.281} \right) \text{tahun}$$

$$PBP = 7{,}34 \text{ tahun}$$

b. Analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Analisis BCR membandingkan setoran (*benefit*) dari penjualan listrik dengan biaya penyusutan operasi dan pemeliharaan (POP) PLTPH atas dasar nilai sekarang (*present value*). Proses analisis seperti ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Analisis BCR

Tahun Ke	*Cost* (Rp)	DF (i = 12 %)	PV (Rp)	*Benefit* (Rp)	PV (Rp)
1	8.721.300	0,893	7.786.875	12.600.000	11.250.000
2	9.157.365	0,797	7.300.195	13.230.000	10.546.875
3	9.615.233	0,712	6.843.933	13.891.500	9.887.695
4	10.095.995	0,635	6.416.187	14.586.075	9.269.714
5	10.600.795	0,567	6.015.176	15.315.379	8.690.357
6	11.130.835	0,507	5.639.227	16.081.148	8.147.210
7	11.687.377	0,452	5.286.776	16.885.205	7.638.009
8	12.271.746	0,404	4.956.352	17.729.465	7.160.634
9	12.885.333	0,361	4.646.580	18.615.938	6.713.094
10	13.529.599	0,322	4.356.169	19.546.735	6.293.525
Total			59.247.471		85.597.114

$$BCR = \frac{85.597.114}{59.247.471 + 20.890.000}$$

$$BCR = 1{,}06$$

c. Analisis *Net Present Value* (NPV)

Pendapatan dan biaya pengoperasian PLTPH selama 10 tahun yang akan datang menjadi dasar analisis, dan proses analisis NPV ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis NPV (× Rp. 1.000)

Variabel	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Benefit											
a. Penjualan		12.600	13.230	13.891	14.586	15.315	16.081	16.885	17.729	18.616	19.547
b. Nilai sisa											2.000
Total Benefit		12.600	13.230	13.891	14.586	15.315	16.081	16.885	17.729	18.616	21.547
2. Cost											
a. Investasi	20.890										
b. POP		8.721	9.157	9.615	10.096	10.601	11.131	11.687	12.272	12.885	13.529
Total Cost	20.890	8.721	9.157	9.615	10.096	10.601	11.131	11.687	12.272	12.885	13.529
3. Net Benefit		3.879	4.073	4.276	4.490	4.714	4.950	5.198	5.457	5.731	8.018
DF (i =12%)	1,00	0,893	0,797	0,712	0,635	0,567	0,507	0,452	0,404	0,361	0,322
4. Present Value	20.890	3.463	3.246	3.044	2.851	2.673	2.510	2.349	2.205	2.069	2.582

$$NPV = Rp\ 27.020.000 - Rp\ 20.890.000$$

$$NPV = Rp\ 6.130.000$$

d. Analisis *Internal Rate of Return* (IRR).

IRR adalah tingkat suku bunga pada posisi BCR = 1 atau NPV = 0, maka analisis IRR akan dilakukan dengan empat uji coba pada posisi bunga 12 %, 17 %, 23 %, dan 30 % sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6. dan Tabel 7.

Tabel 6. Analisis *Internal Rate of Return* (IRR), untuk i = 12 % dan i = 30 %

Tahun	*Net Benefit* (Rp.)	Coba I DF (i=12%)	PV (Rp.)	Coba II DF (i=30%)	PV (Rp.)
0	20.890.000	1,000	(20.890.000)	1,000	(20.890.000)
1	3.879.000	0,893	3.463.000	0,769	2.983.000
2	4.073.000	0,797	3.146.000	0,592	2.411.000
3	4.276.000	0,712	3.044.000	0,455	1.946.000
4	4.490.000	0,635	2.851.000	0,350	1.571.000
5	4.714.000	0,567	2.673.000	0,269	1.268.000
6	4.950.000	0,507	2.510.000	0,207	1.025.000
7	5.198.000	0,452	2.349.000	0,159	826.000
8	5.457.000	0,404	2.205.000	0,122	666.000
9	5.731.000	0,361	2.069.000	0,099	567.000
10	8.018.000	0,322	2.582.000	0,072	577.000
Total			26.892.000		13.840.000
			+6.002.000		–7.050.000

Tabel 7. Analisis *Internal Rate of Return* (IRR), untuk i = 17 % dan i = 23 %

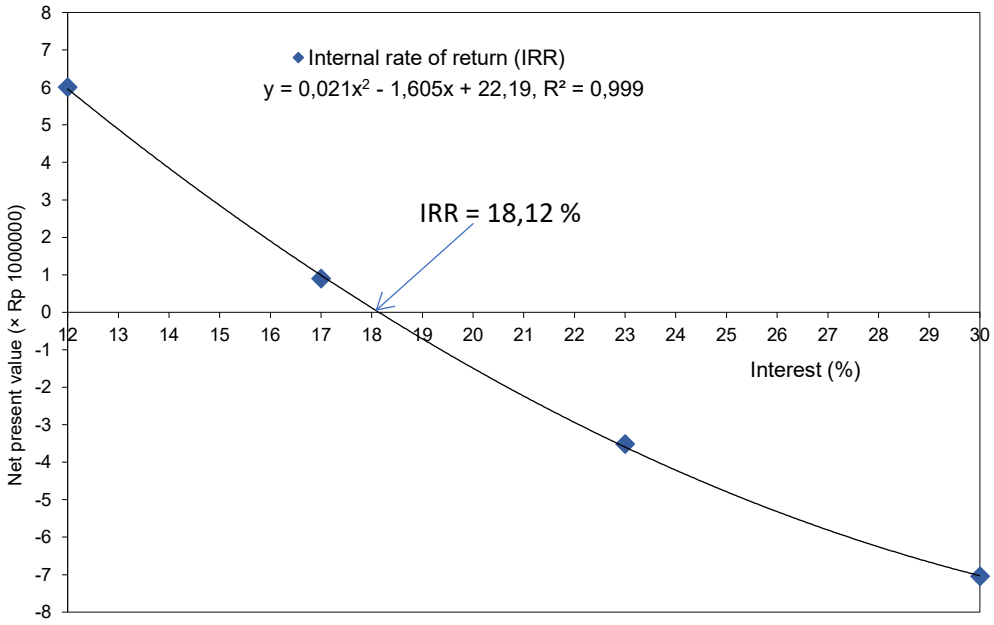
Tahun	*Net Benefit* (Rp.)	Coba III DF (i=17%)	PV (Rp.)	Coba IV DF (i=23%)	PV (Rp.)
0	20.890.000	1,000	(20.890.000)	1,000	(20.890.000)
1	3.879.000	0,854	3.315.385	0,813	3.153.658
2	4.073.000	0,730	2.975.382	0,661	2.692.181
3	4.276.000	0,624	2.669.808	0,537	2.297.854
4	4.490.000	0,534	2.396.089	0,437	1.961.669
5	4.714.000	0,456	2.150.108	0,355	1.674.418
6	4.950.000	0,390	1.929.701	0,289	1.429.468
7	5.198.000	0,333	1.731.949	0,235	1.220.395
8	5.457.000	0,285	1.554.057	0,191	1.041.629
9	5.731.000	0,243	1.394.946	0,155	889.374
10	8.018.000	0,208	1.668.043	0,126	1.011.614
Total			21.785.471		17.372.263
			+895471		–3517737

Hasil analisis pada Tabel 6. dan Tabel 7. memperoleh empat nilai NPV dari empat tingkat suku bunga yang dicoba, hasil rekapitulasinya ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai NPV pada empat posisi suku bunga

No	Suku Bunga, i (%) (x)	NPV (y)
1	12	6,002
2	17	0,895
3	23	-3,517
4	30	-7,050

Hubungan antara nilai NPV dengan suku bunga membentuk kurva parabola seperti ditunjukkan Gambar 5. Pada posisi NPV = 0 kurva parabola berpotongan dengan dengan sumbu x tepat di suku bunga IRR = 18,12 %.



Gambar 5. Kurva Uji IRR = 18,12 %

Untuk menguji keakuratan posisi IRR = 18,12 %, dapat diketahui dengan menganalisis fungsi regresi sederhana dari kurva parabola yang terbentuk dengan persamaan matematik y = $0{,}021x^2 - 1{,}605x + 22{,}19$. Pada posisi y = 0 maka nilai x atau nilai IRR dapat diketahui dengan persamaan abc berikut, yaitu:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$IRR = \frac{1{,}605 - \sqrt{1{,}605^2 - 4\,.\,0{,}021\,.\,22{,}19}}{2\,.\,0{,}021}$$

$$IRR = \frac{0{,}761}{0{,}042}$$

$$\text{IRR} = 18{,}12\,\%$$

e. Analisis *Sensitifitas*

Ada dua kemungkinan perkembangan yang tak terduga yang dapat mempengaruhi analisis investasi PLTPH yaitu kemungkinan ongkos *over run* atau kenaikan biaya operasi dan perawatan (POP) dari PLTPH. Kemungkinan kedua adalah terjadi perubahan/

penambahan jumlah rumah/konsumen listrik. Untuk kedua kemungkinan kesalahan tersebut, masing-masing diasumsikan sebesar 2,5 %. Hasil analisis finansial dengan mempertimbangkan dua faktor *sensitifitas* tersebut menghasilkan lima indikator kelayakan finansial, yaitu:

BCR = 1,024
PBP = 9,7 tahun
NPV = Rp. 2.400.000
IRR = 15,60 %.

Hasil analisis setelah mempertimbangkan faktor sensitivitas menunjukkan, PBP kurang dari 10 tahun, BCR lebih dari 1, NPV bernilai positif dan IRR lebih dari suku bunga bank yang berlaku, maka investasi PLTPH dinilai masih tetap layak.

SIMPULAN

Hasil analisis aspek finansial menghasilkan nilai PBP = 7,34 tahun artinya investasi PLTPH dapat kembali sebelum mencapai umur ekonomis 10 tahun. BCR = 1,06 lebih besar dari satu artinya pendapatan dari pengoperasian PLTPH melebihi dari biaya yang dikeluarkan, NPV = 6.130.000 artinya keuntungan dari PLTPH selama 10 tahun beroperasi sebesar Rp 6.130.000, IRR = 18,12 % lebih besar dari suku bunga bank 12 %. Hasil analisis di atas menunjukkan pembangunan PLTPH layak untuk dilaksanakan bahkan dengan mempertimbangkan dua faktor sensitifitas dengan hasil PBP = 9,7 tahun, BCR = 1, 024, NPV = 2.400.000 dan IRR = 15,6 % maka pembangunan PLTPH masih tetap dinilai layak. Walaupun keuntungan dari investasi PLTPH ini relatif kecil, tetapi mengingat pembangunan PLTPH termasuk proyek dengan kandungan aspek sosial yang sangat besar maka posisi layak dari pembangunan PLTPH ini semakin kuat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada masyarakat Kampung Mamping, Kanagarian Pakan Rabaa Timur, Kabupaten Solok Selatan, Sumatera Barat yang telah membantu dan memfasilitasi selama kami melakukan survey di sana.

.

DAFTAR PUSTAKA

Achebe, C. H., Okafor, O. C., & Obika, E. N. (2020). Design and implementation of a crossflow turbine for Pico hydropower electricity generation. *Heliyon*, *6*(7), e04523. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04523

Ali, A., Yuan, J., Javed, H., Si, Q., Fall, I., Ohiemi, I. E., Islam, R. ul. (2023). Small hydropower generation using pump as turbine; a smart solution for the development of Pakistan's energy. *Heliyon*, *9*(4), e14993. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14993

Alshami, A. H., & Hussein, H. A. (2021). Feasibility analysis of mini hydropower and thermal power plants at Hindiya barrage in Iraq. *Ain Shams Engineering Journal*, *12*(2), 1513–1521. https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.08.034

Bachtiar, A. N., Pohan, A. F., Ervil, R., & Nofriadiman. (2023). Feasibility Study on the Development of a Pico-hydro Power Plant for Village Electricity Using a Centrifugal Pump as Turbine (PAT) Prime Mover. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, *13*(5), 1871–1879. https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.5.18221

Bachtiar, A. N., Pohan, A. F., Ervil, R., Nofriadiman, Santosa, Berd, I., & Dinata, U. G. S. (2021). Effect Of Geometric Differences Impeller Blades On Performance Blower-As-Turbine (Bat) On Pico-Hydro Scale. *International Journal of Renewable Energy*

Research, *11*(3), 1124–1135. https://doi.org/10.20508/ijrer.v11i3.11943.g8243
Bachtiar, A. N., Pohan, A. F., Yusti, I., Ervil, R., Santosa, Berd, I., & Dinata, U. G. S. (2020). Effect of head variations on performance four sizes of blowers as turbines (BAT). *International Journal of Renewable Energy Research*, *10*(1), 343–353. https://doi.org/10.20508/ijrer.v10i1.10482.g7879
Bachtiar, N., Pohan, A. F., Ervil, R., & Nofriadiman. (2023). Effect of Rotation and Constant Head Variation on Performance of Three Sizes of Pump-as-Turbine (PAT). *International Journal of Renewable Energy Research*, *13*(1). https://doi.org/10.20508/ijrer.v13i1.13537.g8673
Carravetta, A., Fecarotta, O., & Ramos, H. M. (2021). Corrigendum to "A new low-cost installation scheme of PATs for pico-hydropower to recover energy in residential areas" [Renewable Energy, 125, 2018, 1003–1014] (Renewable Energy (2018) 125 (1003–1014), (S0960148118302842), (10.1016/j.renene.2018.02.132)). *Renewable Energy*, *167*, 966. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.017
Chaulagain, R. K., Poudel, L., & Maharjan, S. (2023). A review on non-conventional hydropower turbines and their selection for ultra-low-head applications. *Heliyon*, *9*(7), e17753. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17753
Chichkhede, S., Verma, V., Gaba, V. K., & Bhowmick, S. (2016). A Simulation Based Study of Flow Velocities across Cross Flow Turbine at Different Nozzle Openings. *Procedia Technology*, *25*(Raerest), 974–981. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.190
Dhaubanjar, S., Lutz, A. F., Gernaat, D. E. H. J., Nepal, S., Smolenaars, W., Pradhananga, S., … Immerzeel, W. W. (2021). A systematic framework for the assessment of sustainable hydropower potential in a river basin – The case of the upper Indus. *Science of the Total Environment*, *786*, 147142. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147142
Guiamel, I. A., & Lee, H. S. (2020). Potential hydropower estimation for the Mindanao River Basin in the Philippines based on watershed modelling using the soil and water assessment tool. *Energy Reports*, *6*, 1010–1028. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.04.025
Manufacturing, *35*, 1172–1177. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.073
Kamal, M. M., Abbas, A., Alam, T., Gupta, N. K., Khargotra, R., & singh, T. (2023). Hybrid cross-flow hydrokinetic turbine: Computational analysis for performance characteristics with helical Savonius blade angle of 135°. *Results in Engineering*, *20*(August), 101610. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101610
Satou, E., Uchiyama, T., Takamure, K., Ikeda, T., Okayama, T., Miyazawa, T., & Tsunashima, D. (2023). Changes in power generation performance of an undershot cross-flow-type hydraulic turbine in an irrigation channel due to snow masses passing through the rotor. *Heliyon*, *9*(10), e20833. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20833
Thyer, S., & White, T. (2023). Energy recovery in a commercial building using pico-hydropower turbines: An Australian case study. *Heliyon*, *9*(6), e16709. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16709
Uchiyama, T., Honda, S., Okayama, T., & Degawa, T. (2016). A Feasibility Study of Power Generation from Sewage Using a Hollowed Pico-Hydraulic Turbine. *Engineering*, *2*(4), 510–517. https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.04.007
Verma, V., Gaba, V. K., & Bhowmick, S. (2017). An Experimental Investigation of the Performance of Cross-flow Hydro Turbines. *Energy Procedia*, *141*, 630–634. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.084
Wu, X., Wu, H. N., Zuo, L., & Chen, B. F. (2022). The effect of the blade number on a cross-flow hydrokinetic turbine. *IFAC-PapersOnLine*, *55*(27), 62–67. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.489