

# Studi Kelayakan Teknoekonomi Pembangkit Mikrohidro Sungai Kalisapi Di Desa Kebanaran Menggunakan Homer

Alipia Pebrian, Farda Mariam Al Jamilah\*, Ranu Abiyyu Ramadhani, Arnisa Stefanie

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361  
E-mail: [2210631160004@student.unsika.ac.id](mailto:2210631160004@student.unsika.ac.id)

Naskah Masuk: 31 Oktober 2025; Diterima: 26 Februari 2026; Terbit: 31 Maret 2026

---

## ABSTRAK

---

**Abstrak** - Pemanfaatan energi air sebagai sumber energi terbarukan memiliki potensi besar untuk mendukung peningkatan rasio elektrifikasi nasional, khususnya di wilayah pedesaan yang berdekatan dengan sumber air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)* di Desa Kebanaran, Kecamatan Mandiraja, Kabupaten Banjarnegara, dengan memanfaatkan aliran Sungai Kalisapi. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak *HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources)* untuk mensimulasikan performa sistem serta menghitung efisiensi energi dan biaya. Berdasarkan hasil pengukuran, debit rata-rata Sungai Kalisapi sebesar 15,95 m<sup>3</sup>/s dengan *head* efektif 0,0247 m, menghasilkan daya bersih 2,47 kW dan total produksi energi tahunan sebesar 27.601 kWh. Sistem menunjukkan *capacity factor* 128% dan *renewable penetration* 100%, menandakan operasi optimal dan berkelanjutan sepanjang tahun. Dari sisi ekonomi, investasi awal sebesar Rp10.000.000 dan biaya operasi tahunan Rp998.710,10 menghasilkan *Levelized Cost of Energy (LCOE)* sebesar Rp53,6/kWh, jauh lebih rendah dibandingkan tarif listrik PLN sekitar Rp1.400/kWh. Sistem ini mampu menekan biaya listrik hingga 50% serta memberikan peluang ekspor energi ke jaringan PLN sebesar 25.798 kWh/tahun, dengan periode pengembalian modal kurang dari 8 tahun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *PLTMH* Sungai Kalisapi layak dikembangkan sebagai solusi energi bersih, efisien, dan berkelanjutan untuk mendukung kesejahteraan masyarakat pedesaan serta ketahanan energi nasional.

**Kata kunci:** Energi Terbarukan, *PLTMH*, Sungai Kalisapi, *HOMER*, Kelayakan Teknis, Kelayakan Ekonomis

---

## ABSTRACT

---

**Abstract** - The utilization of hydropower as a renewable energy source holds great potential to support the increase of the national electrification ratio, particularly in rural areas located near water sources. This study aims to analyze the technical and economic feasibility of a Micro-Hydro Power Plant (MHPP) in Kebanaran Village, Mandiraja Subdistrict, Banjarnegara Regency, by utilizing the flow of the Kalisapi River. The analysis was conducted using HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) software to simulate system performance and evaluate energy and cost efficiency. Based on measurements, the average discharge of the Kalisapi River is 15.95 m<sup>3</sup>/s with an effective head of 0.0247 m, producing a net power output of 2.47 kW and an annual total energy production of 27,601 kWh. The system achieved a capacity factor of 128% and renewable penetration of 100%, indicating optimal and continuous operation throughout the year. From an economic perspective, an initial investment of Rp10,000,000 and an annual operating cost of Rp998,710.10 resulted in a Levelized Cost of Energy (LCOE) of Rp53.6/kWh, which is significantly lower than the conventional PLN electricity tariff of approximately Rp1,400/kWh. The system can reduce electricity costs by up to 50% and offers the potential to export surplus energy of 25,798 kWh/year to the PLN grid, with a payback period of less than 8 years. The results of this study indicate that the Kalisapi River MHPP is technically and economically feasible to be developed as a clean, efficient, and sustainable energy solution to support rural community welfare and national energy resilience.

**Keywords:** Renewable Energy, MHPP, Kalisapi River, HOMER, Technical Feasibility, Economic Feasibility

Copyright © 2026 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

---

## 1. PENDAHULUAN

Peran energi air sebagai sumber energi terbarukan memiliki potensi besar untuk dimaksimalkan guna meningkatkan rasio elektrifikasi nasional, mengingat sebagian besar wilayah Indonesia merupakan perairan. Energi air ramah lingkungan karena dapat menekan emisi gas rumah kaca serta mendukung program pemerintah dalam pengembangan energi baru terbarukan [1]. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) memanfaatkan perbedaan tinggi (*head*) dan debit air untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik [2]. PLTMH terdiri atas tiga komponen utama, yaitu air, turbin, dan generator, di mana turbin berperan penting dalam mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik [3]. Teknologi ini efektif dan efisien untuk memenuhi kebutuhan listrik pedesaan secara berkelanjutan.

Desa Kebanaran, Kecamatan Mandiraja, Kabupaten Banjarnegara, memiliki potensi besar untuk pengembangan PLTMH karena lokasinya berdekatan dengan Sungai Kalisapi, bagian dari Daerah Irigasi Kalisapi yang meliputi wilayah Banyumas dan Banjarnegara [4]. Sungai ini mengalir melalui beberapa titik penting, termasuk Bendung Kali Sapi (Bendungan Gajah Uling) di koordinat -7.4988771, 109.5249764, dan Jembatan Kalisapi di Desa Somawangi, Mandiraja, pada -7.4819777, 109.5398246 [5].

Dengan kondisi geografis yang berdekatan dengan sungai, Desa Kebanaran memiliki potensi aliran air yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi PLTMH. Namun, untuk memastikan bahwa pembangunan PLTMH di daerah ini layak dan optimal, diperlukan studi yang mendalam terkait potensi aliran air, kebutuhan energi, serta kelayakan teknis dan ekonomisnya. Satu metode yang umum digunakan untuk mensimulasikan dan menganalisis kelayakan PLTMH adalah dengan menggunakan perangkat lunak HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*). Desa Kebanaran berpenduduk 265 jiwa, terdiri dari 134 laki-laki (50,57%) dan 131 perempuan (49,43%), dengan mayoritas bekerja di sektor rumah tangga, pertanian, dan swasta. Sebagian besar warga mengurus rumah tangga (30,57%), disusul pelajar/mahasiswa (16,60%), petani/pekebun (9,06%), dan karyawan swasta (8,68%). Sebagian kecil bekerja sebagai guru, perawat, sopir, pedagang, dan wiraswasta, sedangkan sisanya belum bekerja. Struktur ekonomi ini menunjukkan dominasi sektor nonformal dan agraris yang dapat diperkuat melalui penyediaan energi mandiri seperti PLTMH [6].

Untuk menilai kelayakan sistem, digunakan simulasi dengan perangkat lunak HOMER. HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit energi kecil dengan sumber terbarukan maupun konvensional, serta menganalisis keseimbangan energi dan biaya investasi-operasional [7].

Penelitian ini bertujuan mensimulasikan dan menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis PLTMH di Desa Kebanaran menggunakan HOMER. Hasilnya diharapkan dapat menjadi acuan pengembangan energi air Sungai Kalisapi sebagai solusi energi terbarukan berkelanjutan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mendukung ketahanan energi nasional.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Mikrohidro

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dan instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head*. Mikrohidro juga dikenal sebagai *white resources* dengan terjemahan bebas bisa dikatakan “energi putih”. Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir [8].

### 2.2. Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari aliran energi dalam proses alam yang berlangsung secara terus-menerus, seperti sinar matahari, angin, aliran udara, proses biologis, serta panas bumi. Sumber daya ini termasuk tenaga angin, matahari, dan air menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan untuk menggantikan bahan bakar fosil, karena menghasilkan polusi dan emisi gas rumah kaca yang jauh lebih sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali [9].

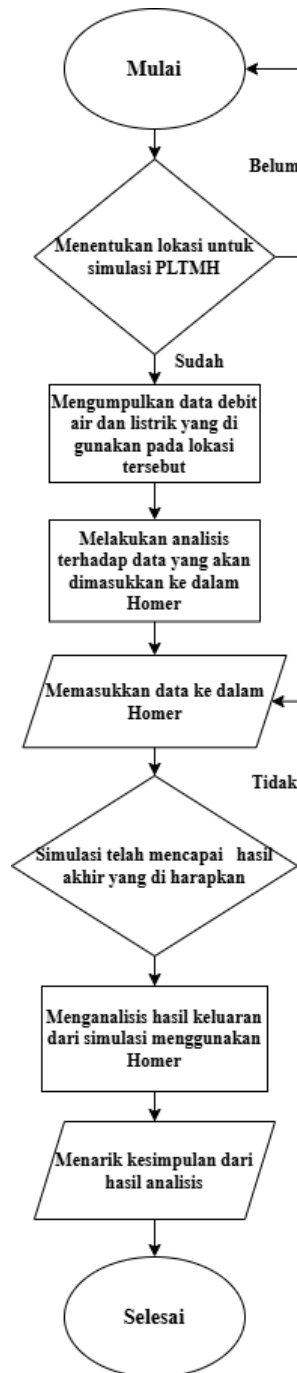
### 2.3. Homer

HOMER merupakan sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh NREL yang digunakan untuk mendesain sistem pembangkit listrik tenaga hybrid menggunakan energi terbarukan. HOMER merupakan suatu program simulasi yang mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik *stand alone* (*off grid*) maupun *grid connected* yang dapat terdiri dari kombinasi pembangkit listrik konvensional

dan kombinasi pembangkit sumber energi terbarukan, *battery bank*, *bidirectional converter* serta untuk melayani beban listrik maupun *thermal* [National Renewable Energy Laboratory, USA] [10].

**3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan studi kelayakan teknoekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada Sungai Kalisapi, tepatnya di Bendung Kali Sapi (Bendungan Gajah Uling), Desa Kebanaran, Kecamatan Mandiraja, Kabupaten Banjarnegara. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis potensi daya air, kelayakan teknis sistem pembangkit, serta kelayakan ekonomi menggunakan perangkat lunak HOMER sebagai alat simulasi sistem energi [11]. Tahapan penelitian disusun secara sistematis agar menghasilkan evaluasi komprehensif terhadap potensi implementasi PLTMH di lokasi penelitian. Secara umum, tahapan penelitian meliputi:



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

- a. Studi lokasi dan identifikasi potensi sumber air  
Mengkaji karakteristik Sungai Kalisapi, kondisi bendung, elevasi wilayah, dan sistem irigasi untuk menentukan potensi energi air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik mikrohidro
- b. Pengumpulan data debit air dan head efektif  
Mengumpulkan data debit rata-rata bulanan Sungai Kalisapi dan menentukan *nilai head* efektif berdasarkan kondisi fisik Bendung Kali Sapi sebagai dasar perhitungan potensi daya.
- c. Perhitungan potensi daya PLTMH  
Menggunakan parameter debit sungai, *head*, dan efisiensi sistem untuk menghitung estimasi daya PLTMH secara teoritis sebagai dasar desain kapasitas sistem.
- d. Pemodelan sistem PLTMH-Grid PLN  
Menentukan konfigurasi sistem dengan sumber energi utama PLTMH dan jaringan PLN sebagai sumber *back-up* atau opsi ekspor energi.
- e. *Input* parameter teknis dan ekonomi pada HOMER  
Memasukkan data teknis PLTMH meliputi kapasitas turbin, *head*, debit air, *profil* beban, serta parameter ekonomi seperti biaya investasi, tarif PLN, dan umur proyek ke perangkat lunak HOMER.
- f. Simulasi sistem PLTMH menggunakan HOMER  
Menjalankan proses simulasi menggunakan HOMER untuk mengevaluasi kinerja sistem dan mendapatkan konfigurasi yang optimum secara teknis dan ekonomis.
- g. Analisis teknis dan ekonomi  
Menganalisis hasil simulasi berupa produksi energi, efisiensi sistem, kebutuhan dukungan *grid*, nilai *Net Present Cost* (NPC), serta *Levelized Cost of Energy* (LCOE) untuk menentukan kelayakan implementasi PLTMH di lokasi penelitian.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Data Input Simulasi pada Perangkat Lunak HOMER

Tabel 1 menunjukkan debit rata-rata bulanan Sungai Kalisapi tahun 2021 yang digunakan sebagai data input pada simulasi HOMER. Debit tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 37.470 liter/s, sedangkan terendah pada Mei sebesar 4.210 liter/s, dengan rata-rata tahunan 15,95 m<sup>3</sup>/s. Variasi debit ini menggambarkan potensi energi air yang cukup stabil sepanjang tahun dan menjadi dasar perhitungan daya serta kapasitas turbin pada sistem PLTMH di lokasi penelitian.

Tabel 1. Data Debit Rata-Rata Bulanan Sungai Kalisapi Tahun 2021

No	Bulan	Debit Puncak (m <sup>3</sup> /s)	Debit Puncak (liter/s)
1	Januari	37,47	37.470
2	Februari	26,80	26.800
3	Maret	14,91	14.910
4	April	10,92	10.920
5	Mei	4,21	4.210
6	Juni	9,45	9.450
7	Juli	8,87	8.870
8	Agustus	4,58	4.580
9	September	7,59	7.590
10	Oktober	10,55	10.550
11	November	29,15	29.150
12	Desember	26,93	26.930
Rata-rata		15,95	15.952,5

##### 4.2. Perancangan Daya Sistem dan Perhitungan Biaya Investasi

Berdasarkan data pada Tabel 2, total konsumsi energi harian yang digunakan sebagai beban acuan dalam simulasi HOMER untuk satu rumah sebagai sampel di Desa Kabenaran adalah sebesar 4.942 Wh/hari. Konsumsi energi terbesar berasal dari kulkas dengan kebutuhan energi harian sebesar 1.560 Wh, diikuti oleh rice cooker sebesar 1.050 Wh, sedangkan konsumsi energi terendah berasal dari televisi sebesar 60 Wh/hari. Total kebutuhan energi tahunan mencapai 1.808,77 kWh/tahun, yang

digunakan sebagai dasar dalam perancangan kapasitas daya sistem PLTMH agar mampu menyuplai kebutuhan energi rumah tangga secara penuh.

Tabel 2. Perhitungan daya beban

No	Beban	Daya (W)	Durasi (jam/hari)	Jumlah unit	Energi per hari (Wh)
1	Rice cooker National QQ CFXBMA-T166	350	3	1	1.050
2	Setrika Maspion Stainless HA-110	350	2	1	700
3	Kipas Angin Miyako 16"	50	8	1	400
4	Kulkas Polytron (1 pintu)	65	24	1	1.560
5	Mesin Cuci Panasonic (2 tabung)	250	2	1	500
6	TV LED Panasonic 24"	30	2	1	60
7	Lampu Philip LED Bulb MyCare	12	7	8	672
Total Konsumsi Energi Per Hari (Wh/d)					4.942
Total Konsumsi Energi Per Hari (kWh/d)					4.942
Total Konsumsi Energi Per Hari (Wh/d)					1.808,772
Total Konsumsi Energi Per Hari (kWh/d)					1.808,772

Pada Tabel 3, dilakukan perhitungan potensi daya hidrolik berdasarkan debit rata-rata Sungai Kalisapi sebesar 15.952,5 liter/ dan tinggi jatuh air (*head*) sebesar 0,0247 m. Dengan menggunakan rumus dasar energi air:

$$\begin{aligned}
 P &= \rho \times g \times Q \times H \\
 &= 1000 \times 9,81 \times 15,9525 \times 0,0247 \\
 &= 3.860,94 \text{ W}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Diperoleh potensi hidrolik sebesar 3.860,94 W. Setelah memperhitungkan efisiensi sistem (turbin dan generator), daya bersih yang dapat dimanfaatkan menjadi sekitar 2.471 W atau 2,47 kW. Nilai ini menunjukkan bahwa aliran Sungai Kalisapi memiliki potensi yang cukup baik untuk mendukung sistem PLTMH skala kecil, khususnya untuk melayani kebutuhan energi rumah tangga atau fasilitas umum di sekitar lokasi penelitian.

Tabel 3. Perancangan daya sistem

No	Parameter	Nilai
1	Debit Air Sungai Kalisapi	15.952,5
2	Head	0,024696644
3	Potensi Hidrolik	3.860,937491
4	Potensi Daya Air Terbangkit	2.470,999995

Hasil perhitungan biaya investasi ditampilkan pada Tabel 4, dengan total biaya awal (*capital cost*) sebesar Rp 10.000.000, dan biaya operasi serta pemeliharaan (*operating cost*) sebesar Rp 1.000.000 per tahun selama umur proyek 20 tahun. Biaya operasi ini mencakup perawatan turbin, pemeriksaan generator, dan penggantian komponen minor. Total pengeluaran selama umur proyek diproyeksikan mencapai sekitar Rp 30.000.000, yang tergolong rendah untuk sistem pembangkit berskala mikro.

Tabel 4. Perancangan biaya investasi

Tahun	Capital (Rp)	Operating (Rp)
0	10.000.000	
1-20		1.000.000

Penelitian ini berfokus pada analisis kelayakan awal sistem PLTMH menggunakan simulasi perangkat lunak HOMER. Oleh karena itu, biaya investasi awal dan biaya operasi yang digunakan merupakan

estimasi untuk menggambarkan kelayakan teknis dan ekonomis sistem, dan belum dimaksudkan sebagai perhitungan anggaran biaya pelaksanaan (RAB) secara rinci di lapangan.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa dengan adanya sistem PLTMH, total biaya listrik tahunan dapat ditekan hampir 50% dibandingkan kondisi tanpa PLTMH. Sistem PLTMH mampu memasok 542,62 kWh/tahun energi mandiri, sehingga hanya memerlukan impor energi 1.266,15 kWh/tahun dari PLN. Selain itu, terdapat ekspor energi sebesar 361,75 kWh/tahun ke jaringan PLN, yang menandakan kelebihan produksi listrik dari PLTMH dapat dijual kembali ke sistem grid. Hasil ini menunjukkan adanya efisiensi biaya signifikan dengan potensi penghematan sebesar Rp 1.305.907,39 per tahun. Jika diakumulasikan selama umur proyek 20 tahun, potensi total penghematan mencapai lebih dari Rp 26 juta, sehingga investasi awal sebesar Rp 10 juta dapat kembali dalam waktu kurang dari 8 tahun.

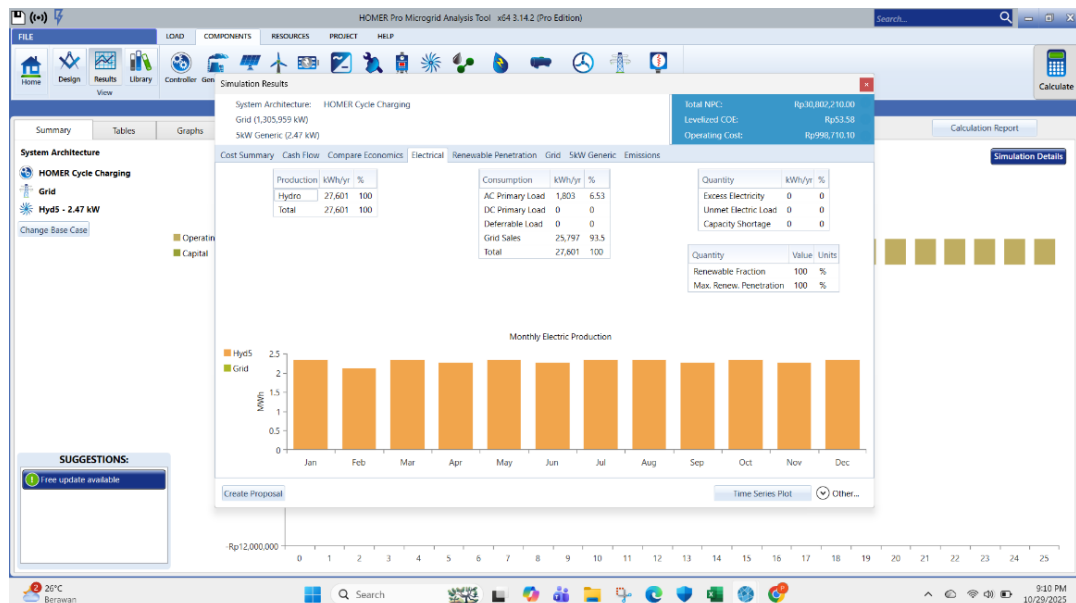
Tabel 5. Analisis biaya

No	Parameter	Nilai
1	Listrik PLTMH mandiri per tahun (kWh)	542,6208
2	Impor listrik dari PLN per tahun (kWh)	1.266,1512
3	Ekspor listrik ke PLN per tahun (kWh)	361,7472
4	Total energi dari PLN dalam 1 tahun (kWh)	904,404
5	Total biaya PLN dengan PLTMH per tahun (Rp)	1.305.959,38
6	Total biaya PLN tanpa PLTMH per tahun (Rp)	2.611.866,77
7	Selisih tagihan biaya dalam 1 tahun (Rp)	1.305.907,39

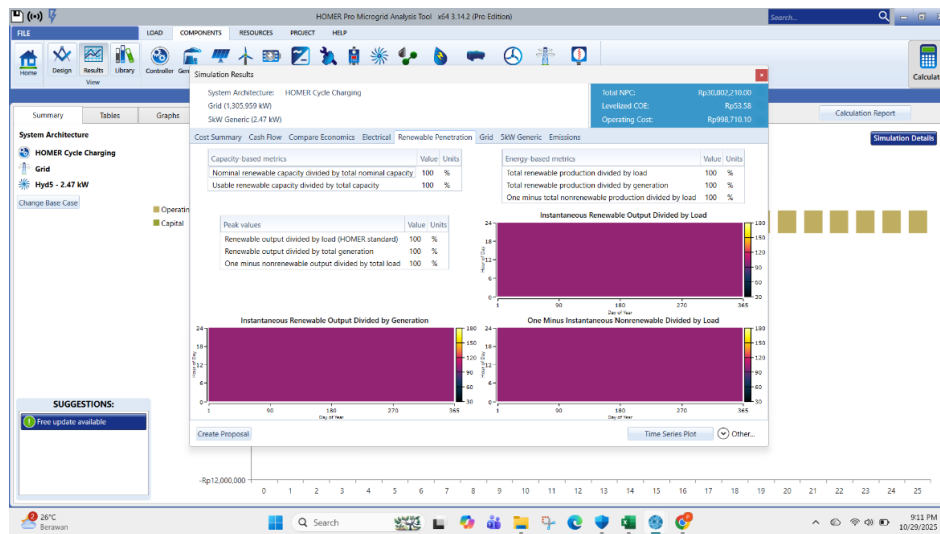
#### 4.3. Analisis Perencanaan Sistem dan Cost

##### 4.3.1. Kelayakan Pembangkit Hibrid dari Sisi Teknis

Dari sisi teknis, sistem mampu menghasilkan total energi listrik tahunan sebesar 27.601 kWh/tahun seperti pada Gambar 3, yang seluruhnya bersumber dari energi air. Nilai ini menunjukkan bahwa pembangkit beroperasi secara optimal sepanjang tahun tanpa mengalami kekurangan daya, sehingga tingkat keandalan sistem dapat dikategorikan sangat tinggi. Grafik produksi listrik bulanan menunjukkan pola keluaran daya yang stabil dari bulan Januari hingga Desember, menandakan bahwa debit air Sungai Kalisapi cukup konstan sepanjang tahun dan mampu mendukung operasi turbin secara terus-menerus.

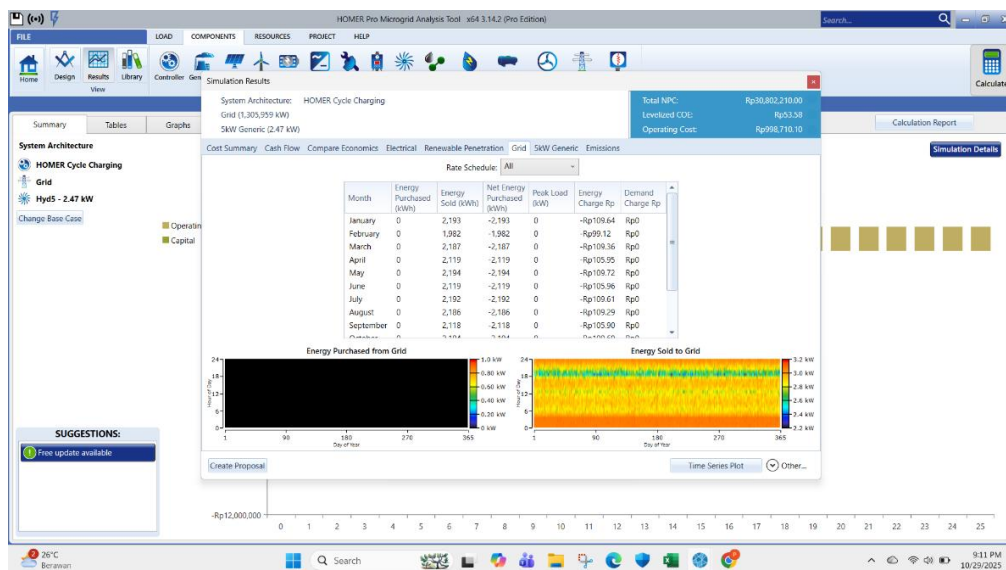


Gambar 2. Produksi energi listrik



Gambar 3. Kinerja energi terbarukan

Pada bagian *Renewable Penetration* memperlihatkan bahwa tingkat penetrasi energi terbarukan mencapai 100%, yang berarti seluruh kebutuhan energi listrik sistem dipenuhi oleh sumber air tanpa dukungan dari energi non-terbarukan. Parameter lain seperti *usable renewable capacity* dan *renewable output divided by total generation* yang juga bernilai 100% membuktikan bahwa tidak ada energi yang terbuang, dan sistem bekerja dengan efisiensi penuh



Gambar 4. Interaksi energi dengan jaringan

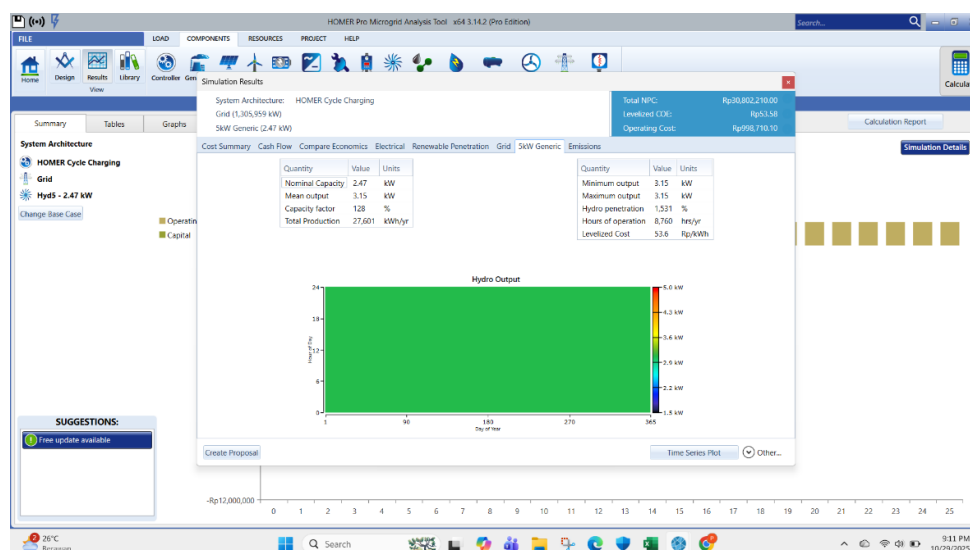
Berdasarkan Tabel 6, hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem PLTMH mampu menghasilkan energi listrik yang lebih besar dibandingkan kebutuhan beban tahunan, sehingga secara keseluruhan tidak diperlukan pembelian energi bersih dari jaringan PLN. Sistem justru mengekspor energi listrik ke jaringan PLN secara konsisten setiap bulan dengan rata-rata ekspor sekitar 2.100–2.190 kWh per bulan, atau total mencapai 25.798 kWh/tahun. Nilai net energi yang bernilai negatif (-25.798 kWh) mengindikasikan bahwa sistem berada dalam kondisi surplus energi.

Perbedaan hasil ini dengan Tabel 5 disebabkan oleh perbedaan pendekatan analisis yang digunakan. Tabel 5 menggambarkan interaksi impor dan ekspor energi pada kondisi operasional sistem PLTMH yang terhubung dengan jaringan PLN, di mana impor energi masih dapat terjadi pada waktu tertentu sebagai penyeimbang sistem. Sementara itu, Tabel 6 merepresentasikan keseimbangan energi bersih tahunan berdasarkan total produksi dan konsumsi energi. Dengan demikian, meskipun terdapat impor energi pada periode tertentu, secara akumulatif sistem PLTMH tetap menghasilkan surplus energi tahunan yang dapat diekspor ke jaringan PLN.

Dari segi biaya, hasil simulasi memperlihatkan nilai biaya energi negatif sebesar Rp -1.289,89 per tahun, menandakan bahwa sistem memperoleh keuntungan dari hasil ekspor energi ke grid. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mandiri secara energi, tetapi juga produktif secara ekonomi, karena mampu menghasilkan pendapatan tambahan dari kelebihan daya yang dihasilkan.

Tabel 6. Grid summary (per bulan)

Bulan	Energi Dibeli (kWh)	Energi Dijual (kWh)	Net Energi (kWh)	Biaya Energi (Rp)
Januari	0	2.193	-2.193	-109,64
Februari	0	1.982	-1.982	-99,12
Maret	0	2.187	-2.187	-109,36
April	0	2.119	-2.119	-105,95
Mei	0	2.194	-2.194	-109,72
Juni	0	2.119	-2.119	-105,96
Juli	0	2.192	-2.192	-109,61
Agustus	0	2.186	-2.186	-109,29
September	0	2.118	-2.118	-105,91
Oktober	0	2.194	-2.194	-109,70
November	0	2.122	-2.122	-106,08
Desember	0	2.191	-2.191	-109,56
Total Tahunan	0	25.798	-25.798	-1.289,89



Gambar 5. Output hidro

Berdasarkan hasil simulasi pada Tabel 7 dan Tabel 8, sistem PLTMH yang dirancang memiliki performa teknis yang sangat baik. Daya keluaran hidro rata-rata tercatat sebesar 3,15 kW, dengan daya minimum dan maksimum masing-masing 2,47 kW dan 3,15 kW, serta waktu operasi mencapai 8.760 jam per tahun atau beroperasi penuh selama satu tahun tanpa henti. Nilai *capacity factor* sebesar 128% menunjukkan tingkat efisiensi yang tinggi dari turbin dan generator yang digunakan, menandakan bahwa sistem mampu memanfaatkan potensi air dengan optimal.

Total produksi energi tahunan mencapai 27.601 kWh/tahun, yang membuktikan bahwa PLTMH di Sungai Kalisapi mampu bekerja secara kontinu dengan kestabilan *output* dan efisiensi konversi energi yang sangat baik. Selain itu, nilai LCOE sebesar Rp 53,6/kWh menunjukkan bahwa biaya produksi listrik dari sistem ini tergolong rendah dan efisien. Dengan nilai *hydro penetration* 1,531 kW, sistem juga terbukti sepenuhnya menggunakan sumber energi terbarukan. Secara keseluruhan, kombinasi antara performa teknis yang stabil dan biaya energi yang rendah menjadikan PLTMH di Sungai Kalisapi layak untuk diimplementasikan sebagai pembangkit listrik berkelanjutan dan ekonomis bagi masyarakat sekitar.

Tabel 7. Spesifikasi Dasar Sistem

Quantity	Value	Units
Nominal Capacity	2,47	kW
Mean Output	3,15	kW
Capacity Factor	128	%
Total Production	27,601	kWh/yr

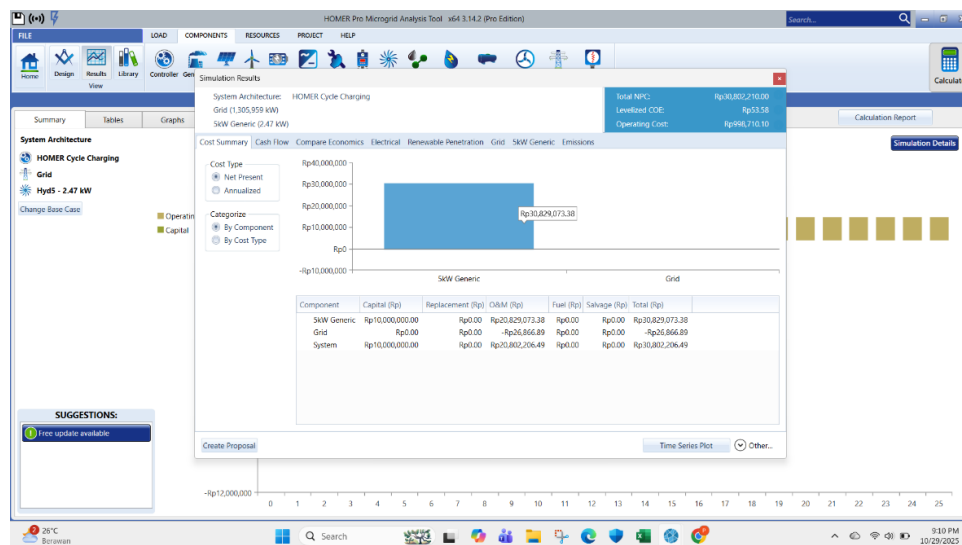
Tabel 8. Parameter Operasional

Quantity	Value	Units
Minimum Output	3,15	kW
Maximum Output	3,15	kW
Hydro Penetration	1,531	kW
Hours of Operation	8.760	hrs/yr
Levelized Cost	53,6	Rp/kWh

#### 4.3.2. Kelayakan Pembangkit Hibrid dari Sisi Ekonomi

Dari sisi ekonomi, hasil simulasi menunjukkan nilai NPC sebesar Rp30.802.210, yang mencakup seluruh biaya investasi awal, penggantian komponen, serta operasi dan pemeliharaan selama masa proyek. Biaya operasi tahunan (*Operating Cost*) sangat rendah, yaitu hanya sekitar Rp1.000.000 per tahun, menunjukkan bahwa sistem ini memiliki biaya pemeliharaan yang minim karena tidak melibatkan bahan bakar dan memiliki sedikit komponen bergerak. LCOE sebesar Rp53,58/kWh jauh lebih murah dibandingkan tarif listrik konvensional PLN yaitu Rp1.400/kWh, sehingga proyek ini secara ekonomi tergolong sangat efisien dan menguntungkan. Dengan nilai biaya energi yang rendah dan kapasitas produksi yang stabil, sistem ini diproyeksikan memiliki periode pengembalian modal (*payback period*) kurang dari 8 tahun.

Bila dibandingkan dengan biaya listrik dari PLN tanpa penggunaan PLTMH, hasil simulasi menunjukkan adanya penghematan yang signifikan. Total biaya listrik tahunan apabila seluruh kebutuhan energi dipasok oleh PLN dihitung berdasarkan konsumsi energi tahunan sebesar 1.808,77 kWh dikalikan tarif listrik rumah tangga PLN sebesar Rp1.400/kWh, sehingga diperoleh biaya sebesar Rp2.611.866,77 per tahun. Ketika PLTMH dioperasikan bersamaan dengan jaringan PLN, biaya listrik tahunan menurun menjadi Rp1.305.959,38, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp1.305.907,39 per tahun atau hampir 50%. Selain penghematan biaya, sistem juga menghasilkan ekspor energi sebesar 361,7 kWh per tahun yang berpotensi memberikan keuntungan tambahan melalui mekanisme jual beli energi dengan PLN.



Gambar 6. Cost summary

## 5. KESIMPULAN

Sungai Kalisapi memiliki potensi energi air yang layak untuk dikembangkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Dengan debit rata-rata tahunan 15,95 m<sup>3</sup>/s dan daya bersih 2,47 kW, sistem mampu menghasilkan energi listrik sebesar 27.601 kWh per tahun dengan capacity factor 128% dan tingkat penetrasi energi terbarukan 100%. PLTMH ini beroperasi penuh sepanjang tahun tanpa membutuhkan pasokan dari PLN, bahkan mampu mengeksport energi ke jaringan sebesar 25.798 kWh per tahun. Dari sisi ekonomi, investasi awal sebesar Rp10.000.000 dan biaya operasi tahunan sekitar Rp1.000.000 menghasilkan LCOE Rp53,6/kWh, jauh lebih murah dibanding tarif PLN. Sistem ini mampu menekan biaya listrik hingga 50% dan mengembalikan modal dalam waktu kurang dari delapan tahun. Dengan demikian, PLTMH Sungai Kalisapi terbukti efisien, ekonomis, dan berpotensi menjadi sumber energi bersih dan mandiri bagi masyarakat sekitar.

## REFERENSI

- [1] L. N. Rahayu and J. Windarta, "Tinjauan Potensi dan Kebijakan Pengembangan PLTA dan PLTMH di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 2, pp. 88–98, 2022.
- [2] K. K. Alfiantin Noor Azhiimah, Supari Muslim, "Kajian Kritis Terhadapbeberapa Studi Kelayakan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Indonesia," *Rang Tek. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 337–347, 2019.
- [3] I. G. N. Saputra, L. Jasa, and I. W. A. Wijaya, "Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype Pltmh," *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 4, pp. 161–172, 2020.
- [4] Dinas Perumahan Rakyat Dan Kawasan Permukiman, "Kerangka Acuan Kerja ( K a K )," *Pemerintah Provinsi Jawa Teng. Dinas Pekerj. Umum Sumber Daya Air Dan Penataan Ruang*, vol. 7608201, no. Tahap 1, pp. 8–10, 2018, [Online]. Available: <http://psda.jatengprov.go.id>
- [5] S. I. Rahman Wahyu Adi Kartika, "Kerangka Acuan Kerja ( KAK ) Perbaikan dan Pembangunan Prasarana dan Sarana Irigasi DI. Kalisapi Kab. Banjarnegara DINAS," p. 89, 2021, [Online]. Available: [https://123dok.com/document/download/zlg4n9eo?page=1#=\\_](https://123dok.com/document/download/zlg4n9eo?page=1#=_)
- [6] "Website Resmi Desa Kebanaran." Accessed: Oct. 30, 2025. [Online]. Available: <https://desakebanaran.id/#!>
- [7] G. Alvianingsih and J. C. H. Simanjuntak, "Analisis Tekno-Ekonomi Hibrid Sistem PLTD PLTS Di Pulau Gersik, Belitung Menggunakan Perangkat Lunak Homer," *Sutet*, vol. 11, no. 1, pp. 1–12, 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i1.1372.
- [8] J. Yohanes Morong, "Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan," *Kementeri. Ris. Teknol. Dan Pendidik. Tinggi Politek. Negeri Manad.*, pp. 1–35, 2016.
- [9] D. S. and others Pertiwiningrum, Ambar and Budiarto, Rachmawan and Widhyharto, "Biogas untuk kemandirian energi di perdesaan," in *Ugm Press*, 2023. Accessed: Oct. 30, 2025. [Online]. Available: [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=KmzWEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Biogas+u ntuk+Kemandirian+Energi+di+Perdesaan&ots=xrR61nZihP&sig=9hYfXb-FnQVajznXsIFWVofKZXXI &redir\\_esc=y#v=onepage&q=Biogas untuk Kemandirian Energi di Perdesaan&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=KmzWEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Biogas+u ntuk+Kemandirian+Energi+di+Perdesaan&ots=xrR61nZihP&sig=9hYfXb-FnQVajznXsIFWVofKZXXI &redir_esc=y#v=onepage&q=Biogas untuk Kemandirian Energi di Perdesaan&f=false)
- [10] M. Reza, "Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Di Pelabuhan Perikanan Pantai (Ppp) Morodemak Dengan Menggunakan Software Homer," 2021.
- [11] S. Y. Prayoga, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Bendung Kalisapi Banjarnegara Publikasi Ilmiah," pp. 1–13, 2019.
- [12] B. W. ARINTA, "Analisis Laju Sedimentasi Pada Das Kalisapi Banjarnegara Dengan Metode Usle Dan Metode Musle," p. 16071, 2020.
- [13] Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjarnegara, "Kecamatan Mandiraja Dalam Angka 2023 - Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjarnegara," [banjarnegarakab.bps.go.id](http://banjarnegarakab.bps.go.id). Accessed: Oct. 31, 2025. [Online]. Available: <https://banjarnegarakab.bps.go.id/id/publication/2023/09/26/75d75f534a7e8d77da1b8472/mandiraja-subdistrict-in-figures-2023.html>
- [14] N. Imanuddin, "STudi Pemilihan Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis Teknologi Geographical Information System Dan Analytic Hierarchy Process Skripsi," 2021.