

Analisis Kelayakan Teknis dan Ekonomis PLTMH Menggunakan HOMER Pro pada Embung Kolong Kebintik

Ahmad Muflih Baidhowi^{*1}, Abdul Azis², Andrias Fadillah³, Dwi Andhika⁴, Ulinnuha Latifa⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia

Email: ¹2210631160025@student.unsika.ac.id, ²2210631160023@student.unsika.ac.id,
³2210631160028@student.unsika.ac.id, ⁴2210631160035@student.unsika.ac.id,
⁵ulinnuha.latifa@ft.unsika.ac.id

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi listrik dan pentingnya pemanfaatan energi terbarukan mendorong pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis PLTMH pada Embung Kolong Kebintik, Kabupaten Bangka Tengah, menggunakan perangkat lunak HOMER Pro. Data debit air tahun 2025 diperoleh dari hasil prediksi menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST), sedangkan analisis teknis dilakukan berdasarkan parameter debit, head efektif, dan kebutuhan beban listrik sebesar 5,064 kWh/hari. Hasil simulasi menunjukkan bahwa PLTMH memiliki kapasitas terpasang sebesar 2,54 kW dengan produksi energi tahunan sebesar 16.634 kWh. Sistem mampu memenuhi kebutuhan beban listrik sebesar 1.848 kWh/tahun tanpa mengalami capacity shortage maupun unmet load. Energi surplus sebesar 15.084 kWh/tahun dapat dijual ke jaringan listrik. Analisis energi terbarukan menunjukkan Renewable Fraction sebesar 98,2% dan Renewable Penetration sebesar 100%. Dari sisi ekonomi diperoleh Net Present Cost (NPC) sebesar -Rp200.128.400 dan Cost of Energy (COE) sebesar -Rp826,41/kWh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PLTMH pada Embung Kolong Kebintik layak untuk dikembangkan karena mampu memenuhi kebutuhan energi sekaligus memberikan keuntungan ekonomi melalui penjualan energi ke jaringan listrik.

Kata kunci: Embung Kolong Kebintik, Energi Terbarukan, HOMER, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), Studi Kelayakan

Technical and Economic Feasibility Analysis of Micro Hydro Power Plant Using HOMER Pro at Kolong Ketitik Reservoir

Abstract

The increasing demand for electrical energy and the importance of utilizing renewable energy drive the development of Micro Hydro Power Plants (PLTMH) as an environmentally friendly alternative energy source. This study aims to analyze the technical and economic feasibility of the Microhydro Power Plant (PLTMH) at Embung Kolong Kebintik, Central Bangka Regency, using HOMER Pro software. The water discharge data for 2025 was obtained from predictions using the Artificial Neural Network (ANN) method, while the technical analysis was based on parameters such as discharge, effective head, and an electrical load requirement of 5,064 kWh/day. The simulation results show that the PLTMH has an installed capacity of 2.54 kW with an annual energy production of 16,634 kWh. The system is capable of meeting an electrical load requirement of 1,848 kWh/year without experiencing capacity shortage or unmet load. The surplus energy of 15,084 kWh/year can be sold to the electricity grid. The renewable energy analysis shows a Renewable Fraction of 98.2% and a Renewable Penetration of 100%. From an economic perspective, a Net Present Cost (NPC) of -Rp200,128,400 and a Cost of Energy (COE) of -Rp826.41/kWh were obtained. The research results indicate that the micro-hydropower plant (PLTMH) at Embung Kolong Kebintik is feasible to develop because it can meet energy needs while also providing economic benefits thru the sale of energy to the electrical grid.

Keywords: Embung Kolong Kebintik, Feasibility Study, HOMER, Micro-Hydro Power Plant (MHPP), Renewable Energy

1. PENDAHULUAN

Keberadaan listrik memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia, sehingga kebutuhan akan energi listrik terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Namun, saat ini masih terdapat kendala berupa terbatasnya jangkauan layanan infrastruktur dan rendahnya akses listrik bagi masyarakat, serta komposisi energi primer untuk pembangkit listrik yang masih didominasi oleh sumber energi fosil seperti batu bara, minyak, dan gas. Dalam upaya percepatan pembangunan infrastruktur, khususnya untuk mendukung penyediaan pembangkit tenaga listrik baru, masih terdapat berbagai keterbatasan dan tantangan. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber energi non-fosil yang berasal dari energi primer lokal perlu dioptimalkan [1].

Berdasarkan data dari Dewan Energi Nasional (DEN), pada tahun 2023 komposisi energi nasional masih didominasi oleh sumber energi konvensional. Batubara menjadi penyumbang terbesar dengan 40,46%, disusul minyak bumi sebesar 30,18%, dan gas bumi 16,28%. Sementara itu, kontribusi Energi Baru Terbarukan (EBT) hanya mencapai 13,09%. Walaupun terjadi peningkatan 0,79% dibanding tahun sebelumnya, angka tersebut masih berada di bawah target 17,87%. Pemerintah sendiri menargetkan peningkatan porsi EBT hingga 19,49% pada tahun 2024 dan 23% pada tahun 2025 [2]. Kondisi ini menunjukkan bahwa upaya pengembangan energi terbarukan masih perlu ditingkatkan secara lebih optimal.

Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial dikembangkan adalah energi air skala kecil melalui Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah sistem yang memanfaatkan energi potensial dari aliran atau jatuhnya air untuk menggerakkan turbin sehingga menghasilkan energi listrik. Sistem ini memiliki keunggulan berupa teknologi sederhana, ramah lingkungan, biaya operasional rendah, serta sesuai untuk diterapkan di daerah pedesaan. Namun demikian, daya listrik yang dihasilkan PLTMH cenderung berfluktuasi karena sangat dipengaruhi oleh stabilitas debit air yang berubah mengikuti kondisi musim. Secara umum, PLTMH terdiri dari tiga komponen utama, yaitu sumber air, turbin, dan generator, yang masing-masing berperan dalam proses konversi energi [3].

Salah satu lokasi yang memiliki potensi untuk pengembangan PLTMH adalah Embung Kolong Kebintik, yang terletak di Tanjung Gunung, Kecamatan Pangkalan Baru, Kabupaten Bangka Tengah. Embung ini memiliki aliran air yang relatif stabil sepanjang tahun. Berdasarkan penelitian Adriansyah dan Saprizal (2024), debit air Embung Kolong Kebintik dapat diprediksi dengan baik menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan, di mana nilai *Mean Squared Error* (MSE) yang diperoleh adalah 0,0071 pada data pelatihan dan 0,010 pada data pengujian. Nilai MSE yang kecil menunjukkan bahwa debit air memiliki kestabilan yang baik dari waktu ke waktu, sehingga lokasi ini berpotensi layak untuk dikembangkan sebagai sumber energi PLTMH bagi kebutuhan listrik masyarakat secara mandiri dan berkelanjutan [4].

Untuk menganalisis potensi dan efisiensi sistem PLTMH di lokasi ini, penelitian menggunakan perangkat lunak HOMER. *The Hybrid Optimization Model for Electric Renewables* (HOMER) merupakan software yang digunakan untuk mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit tenaga listrik berbasis energi terbarukan, baik yang beroperasi secara mandiri maupun terhubung ke jaringan. HOMER memungkinkan kombinasi berbagai sumber energi, termasuk mikrohidro, panel surya, turbin angin, biomassa, dan generator diesel, serta dapat menghitung biaya siklus hidup sistem [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Rifky Abilio Faizal dkk. (2024) menggunakan HOMER untuk menganalisis PLTMH di daerah Pakem. Hasil simulasi menunjukkan bahwa PLTMH mampu menghasilkan energi sebesar 27.645 kWh/tahun dengan biaya energi (COE) Rp 0,06613/kWh, nilai yang jauh lebih ekonomis dibandingkan sumber energi berbasis fosil. Sistem juga memiliki faktor kapasitas sebesar 128% serta biaya operasional yang rendah, sehingga PLTMH dinilai layak diterapkan pada wilayah dengan debit air konstan [1].

Sementara itu, penelitian Siti Suci Murni dan Agus Suryanto (2020) juga menggunakan HOMER untuk mengevaluasi efisiensi PLTMH di Parakandowo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem memiliki efisiensi rata-rata 65,33%, dengan penurunan daya keluaran terjadi pada musim kemarau akibat penurunan debit air. Hal ini menegaskan bahwa stabilitas debit air berpengaruh langsung terhadap efisiensi PLTMH, dan penggunaan HOMER membantu memetakan kondisi operasi optimal berdasarkan variasi debit.

Meskipun berbagai penelitian mengenai PLTMH telah dilakukan menggunakan perangkat lunak HOMER Pro, sebagian besar penelitian berfokus pada pemanfaatan sungai dan saluran irigasi sebagai sumber energi. Penelitian mengenai pemanfaatan embung bekas tambang sebagai sumber energi mikrohidro masih relatif terbatas, khususnya pada Embung Kolong Kebintik yang memiliki karakteristik debit air hasil prediksi berbasis Jaringan Syaraf Tiruan. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya lebih menitikberatkan pada aspek teknis pembangkitan tanpa menyajikan analisis ekonomi yang komprehensif, seperti Net Present Cost (NPC), Cost of Energy (COE), serta analisis sensitivitas terhadap perubahan debit air. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu mengintegrasikan analisis teknis dan ekonomis untuk mengevaluasi kelayakan implementasi PLTMH pada Embung Kolong Kebintik secara lebih menyeluruh.

Berdasarkan latar belakang dan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada Embung Kolong Kebintik menggunakan perangkat lunak HOMER Pro. Analisis dilakukan berdasarkan data debit air hasil prediksi tahun 2025 untuk memperoleh konfigurasi sistem yang optimal serta mengevaluasi indikator ekonomi berupa Net Present Cost (NPC), Cost of Energy (COE), dan potensi penjualan energi listrik ke jaringan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai potensi pemanfaatan Embung Kolong Kebintik sebagai sumber energi terbarukan, serta menjadi referensi dalam pengembangan PLTMH pada embung atau kolong bekas tambang yang memiliki karakteristik serupa. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat mendukung upaya peningkatan pemanfaatan energi terbarukan dan pengurangan ketergantungan terhadap energi fosil di Indonesia.

2. STUDI PUSTAKA

2.1. Energi Terbarukan dan Mikrohidro

Energi Baru dan Terbarukan (EBT) adalah energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan dan digunakan sebagai alternatif sumber energi. EBT bersifat ramah lingkungan sehingga berperan dalam mengurangi pemanasan global dan emisi gas rumah kaca, terutama CO₂. Berdasarkan PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, Indonesia menargetkan porsi EBT minimal 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [6].

Dalam Perpres No. 5 Tahun 2006 dijelaskan bahwa energi baru merupakan energi yang dihasilkan melalui teknologi baru, baik yang bersumber dari energi terbarukan maupun energi tak terbarukan, sehingga penggunaannya masih dalam tahap pengembangan. Contoh energi baru yang berasal dari sumber terbarukan antara lain energi surya, angin, dan arus laut [7], [8], [9].

Salah satu bentuk EBT yang telah terbukti efektif dan sesuai untuk wilayah pedesaan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH merupakan pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan aliran air sungai atau saluran irigasi untuk menggerakkan turbin dan generator tanpa menggunakan bahan bakar fosil. Dengan demikian, PLTMH bersifat ramah lingkungan, operasionalnya relatif sederhana, dan biaya perawatannya rendah. Secara umum, PLTMH dapat diterapkan pada lokasi dengan ketinggian jatuh air minimal sekitar 2,5 meter dan debit aliran yang cukup [9].

Menurut Agus Maryono, PLTMH termasuk dalam kategori Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berkapasitas rendah dengan *output* kurang dari 500 kW. Sementara itu, menurut Maria Hartiningsih, mikrohidro biasanya memanfaatkan aliran sungai kecil di daerah pedesaan dengan kapasitas di bawah 100 kW [9], [10].

Prinsip kerja PLTMH adalah memanfaatkan perbedaan ketinggian dan debit aliran air pada sungai atau saluran irigasi. Air dialirkan melalui *intake* kemudian diteruskan ke saluran pembawa hingga menuju *penstock* untuk menumbuk sudu turbin. Aliran tersebut menyebabkan poros turbin berputar dan menghasilkan energi mekanik, yang selanjutnya digunakan untuk memutar generator sehingga menghasilkan energi Listrik [5].

PLTMH terdiri atas tiga komponen utama, yaitu air (sebagai sumber energi), turbin, dan generator. Prinsip kerjanya didasarkan pada pemanfaatan perbedaan ketinggian dan debit air yang mengalir di sungai atau saluran air setiap detik. Saat air mengalir dari *intake* menuju *penstock* melalui saluran pembawa, aliran tersebut memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Secara prinsip, sistem PLTMH serupa dengan PLTA, namun perbedaannya terletak pada skala dan wilayah operasinya. PLTMH memanfaatkan sumber air yang lebih kecil dan dapat beroperasi dengan atau tanpa reservoir, sedangkan PLTA umumnya memerlukan waduk besar untuk menampung air [11], [12].

2.2. Energi Hidrolik

Pemanfaatan energi pada mikrohidro dipengaruhi oleh debit aliran air, tinggi jatuh air (*head*), serta efisiensi turbin dan generator. Energi hidrolik sendiri merupakan energi yang berasal dari pergerakan air, seperti aliran sungai atau air terjun, yang dapat digunakan untuk menghasilkan tenaga, termasuk untuk pembangkit listrik dan penggerak mekanis. Prinsip kerja energi hidrolik didasarkan pada pemanfaatan tekanan fluida untuk menghasilkan gaya. Dalam sistem hidrolik, fluida (umumnya oli) berfungsi menyalurkan tekanan dan gaya sesuai dengan Hukum Pascal, yaitu tekanan yang diberikan dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah [5], [13]. Daya yang dapat dihasilkan dari sistem dihitung dengan persamaan:

$$P = \rho \times Q \times g \times H \times \eta \quad (1)$$

Dengan keterangan:

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

Q = debit aliran air (m^3/s)

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

H = tinggi jatuh air efektif (m)

η = efisiensi keseluruhan sistem pembangkit.

2.3. Homer

Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk merancang sistem pembangkit listrik berbasis energi terbarukan. Aplikasi ini mampu mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit baik yang berdiri sendiri (*stand-alone*) maupun terhubung jaringan (*grid-connected*). Dalam proses perancangannya, HOMER dapat mengkombinasikan berbagai sumber energi seperti turbin angin, panel surya (PV), mikrohidro, biomassa, generator diesel atau bensin, *microturbine*, *fuel cell*, serta sistem penyimpanan energi seperti baterai dan hidrogen, untuk memenuhi kebutuhan beban listrik maupun termal [14].

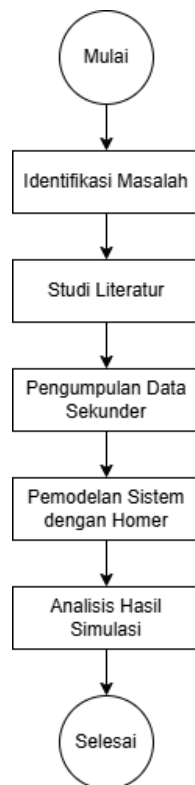
HOMER melakukan simulasi operasi sistem dengan menghitung keseimbangan energi per jam selama satu tahun penuh. Selain itu, HOMER juga menentukan konfigurasi sistem yang paling optimal dan memperkirakan biaya investasi serta biaya operasional dalam seluruh masa penggunaan (*life cycle cost*), termasuk biaya awal instalasi, biaya penggantian komponen, biaya perawatan, dan kebutuhan bahan bakar. Aspek ekonomi menjadi faktor utama dalam proses optimasi, dimana konfigurasi terbaik ditentukan oleh nilai *Net Present Cost* (NPC) terendah. Hal ini penting karena sumber energi terbarukan dan tidak terbarukan memiliki karakteristik biaya yang berbeda [15], [16].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus pada PLTMH Embung Kolong Kebintik. Pendekatan kuantitatif non-eksperimental digunakan karena penelitian ini tidak memberikan perlakuan (*treatment*) secara langsung pada objek, tetapi mengolah data dalam bentuk angka untuk dianalisis. Metode deskriptif bertujuan untuk menggambarkan kondisi sistem PLTMH secara sistematis dan faktual, sehingga hasil yang diperoleh dapat memberikan interpretasi yang tepat mengenai potensi daya dan kinerja pembangkit.

Analisis dilakukan berdasarkan data debit air dan tinggi jatuhnya air (*head*) yang didapat dari hasil studi literatur dan perhitungan. Nilai debit dan *head* kemudian dihitung untuk memperoleh potensi daya teoritis. Selanjutnya, data tersebut dimasukkan ke dalam perangkat lunak HOMER untuk melakukan simulasi sistem PLTMH dan mengevaluasi efisiensi teknis serta kelayakan ekonomis dari pembangkit. Dengan demikian, metode ini memungkinkan peneliti untuk mengetahui besar daya aktual yang dapat dihasilkan, perubahan efisiensi pada kondisi debit yang berbeda, serta nilai biaya energi (*Cost of Energy/COE*) dari sistem yang dianalisis. Gambar 1. merupakan tahap-tahap atau alur yang digunakan dalam penelitian ini.

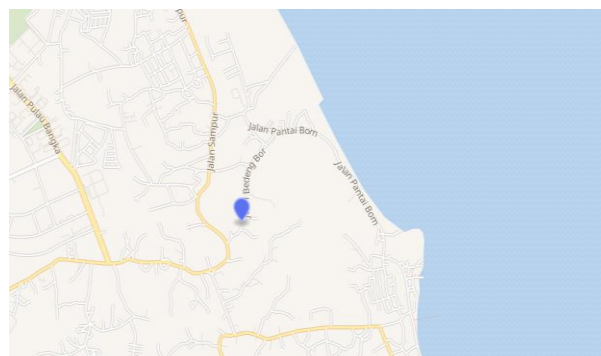


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui studi literatur, yaitu dengan mengumpulkan dan menganalisis data sekunder yang relevan dari berbagai sumber ilmiah.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berfokus pada lokasi Embung Kolong Kebintik, yang terletak di Desa Kebintik, Kecamatan Pangkalan Baru, Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Lokasi ini dipilih karena memiliki potensi sumber daya air yang cukup besar dan kontur wilayah yang mendukung pembangunan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).



Gambar 2. Lokasi Daerah Kebintik

Embung Kolong Kebintik merupakan salah satu waduk atau kolong bekas tambang timah yang kini berfungsi sebagai sumber air untuk kebutuhan pertanian dan domestik masyarakat sekitar. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Adriyansah dkk, debit air di lokasi ini menunjukkan fluktuasi bulanan dengan rata-rata debit pada tahun 2025 sebesar 190,69 liter per detik (L/s). Nilai tersebut menunjukkan potensi energi air yang layak untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan berskala kecil seperti PLTMH. Berikut merupakan data estimasi debit air pada lokasi Embung Kolong Kebintik pada tahun 2025 [5].

Tabel 1. Data estimasi debit air pada lokasi Embung Kolong Kebintik pada tahun 2025

Bulan	Debit Sumber (lt/d)
Januari	120.30
Februari	66.34
Maret	57.65
April	122.40
Mei	322.47
Juni	406.90
Juli	184.56
Agustus	178.85
September	244.78
Oktober	144.67
November	206.30
Desember	233.06

3.3. Karakteristik Beban

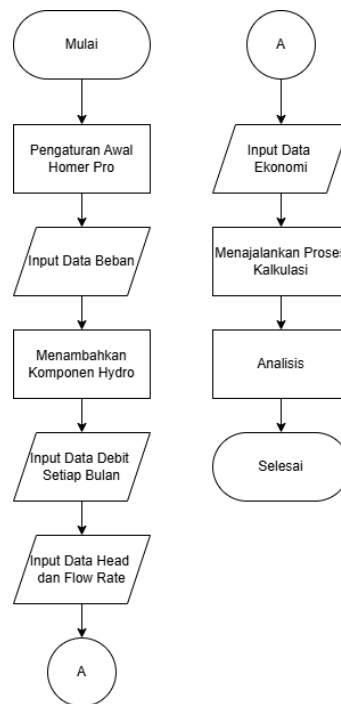
Dalam simulasi untuk menentukan efisiensi teknis dan nilai ekonomis implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada daerah Kebintik, digunakan estimasi beban listrik rumah tangga yang mewakili kebutuhan energi masyarakat pada umumnya. Jenis beban yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas peralatan listrik umum seperti lampu penerangan, televisi, kipas angin, kulkas, rice cooker, setrika, pompa air, dan mesin cuci, dengan daya tertinggi mencapai sekitar 400 Watt pada beban mesin cuci dan setrika. Total konsumsi energi listrik harian dari seluruh peralatan mencapai sekitar 5.064 Wh atau 5,064 kWh per hari, dengan kurva pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Kurva daya dan durasi pengoprasian harian daerah kebintik

3.4. Simulasi Homer

Data yang telah diperoleh, seperti rata-rata debit air bulanan pada tahun 2025 di Embung Air Kebintik serta data konsumsi energi harian masyarakat, digunakan sebagai input utama dalam proses simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*). Simulasi ini bertujuan untuk melakukan analisis teknis dan ekonomis terhadap implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di lokasi penelitian.



Gambar 4. Diagram Alir Simulasi Homer

Melalui perangkat lunak HOMER, dilakukan pemodelan sistem PLTMH untuk mengetahui kelayakan teknis, seperti kapasitas daya yang dapat dihasilkan, efisiensi konversi energi, serta kelayakan ekonomis yang mencakup biaya investasi, biaya operasi, dan nilai keekonomian sistem secara keseluruhan.

3.5. Parameter Simulasi HOMER

Simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dilakukan menggunakan perangkat lunak HOMER Pro untuk mengevaluasi kinerja teknis dan kelayakan ekonomi sistem. Parameter simulasi meliputi karakteristik sumber energi, kebutuhan beban listrik, serta parameter ekonomi yang digunakan selama umur proyek. Parameter yang digunakan dalam simulasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Simulasi HOMER

Parameter	Nilai
<i>Available Head</i>	2.12 m
<i>Design Flow Rate</i>	190.69 L/s
<i>Hydro Nominal Capacity</i>	2.54 kW
<i>Efficiency</i>	64%
<i>Electric Load</i>	5.064 kWh/day
<i>Project Lifetime</i>	25 years
<i>Nominal Discount Rate</i>	8%
<i>Expected Inflation Rate</i>	3%
<i>Grid Power Price</i>	Rp1.444,70/kWh
<i>Grid Sellback Price</i>	Rp1.000,00/kWh
<i>Hydro Capital Cost</i>	Rp8.000.000,00
<i>Hydro Replacement Cost</i>	Rp6.000.000,00
<i>Hydro O&M Cost</i>	Rp100.000,00/year

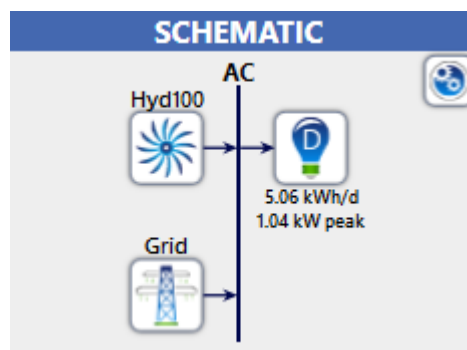
Sistem yang dimodelkan dalam HOMER Pro terdiri atas pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), beban listrik, dan jaringan listrik (*grid*). Simulasi dilakukan secara per jam selama umur proyek untuk menganalisis kinerja sistem dari aspek teknis dan ekonomis. Hasil simulasi digunakan untuk mengevaluasi produksi dan

konsumsi energi, kontribusi energi terbarukan, serta indikator kelayakan ekonomi berupa *Net Present Cost* (NPC), *Cost of Energy* (COE), dan *Operating Cost*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Desain Sistem

Berikut merupakan desain skematik sistem PLTMH yang dimodelkan menggunakan perangkat lunak HOMER Pro. Sistem yang disimulasikan terdiri atas komponen pembangkit mikrohidro (*Hydro*), beban listrik (*Electric Load*), dan jaringan listrik (*Grid*). Pada simulasi ini digunakan beban listrik sebesar 5,064 kWh/hari dengan daya puncak sebesar 0,94 kW. Sumber energi utama berasal dari pembangkit mikrohidro dengan kapasitas terpasang sebesar 2,54 kW yang terhubung dengan jaringan listrik (*grid*).



Gambar 5. Pemodelan Homer

Skematik sistem PLTMH menunjukkan bahwa pembangkit mikrohidro berfungsi sebagai sumber energi utama untuk memenuhi kebutuhan beban listrik. Selain digunakan untuk menyuplai beban, energi listrik yang dihasilkan juga dapat disalurkan ke jaringan listrik (*grid*) ketika terjadi surplus produksi energi. Di sisi lain, jaringan listrik berfungsi sebagai sumber energi pendukung untuk menjaga kontinuitas pasokan listrik apabila produksi energi dari PLTMH tidak mencukupi kebutuhan beban pada kondisi tertentu.

Konfigurasi sistem ini dipilih untuk meningkatkan keandalan pasokan energi sekaligus memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan melalui mekanisme ekspor energi ke jaringan listrik. Dengan adanya koneksi ke grid, energi surplus yang dihasilkan PLTMH dapat dimanfaatkan secara optimal sehingga meningkatkan manfaat ekonomi dari sistem yang dirancang.

4.2. Potensi PLTMH Embung Kolong Kebintik

Berdasarkan data debit air hasil prediksi tahun 2025 dan hasil pengukuran lapangan, Embung Kolong Kebintik memiliki tinggi jatuh air (*head*) sebesar 2,12 m dengan debit rata-rata sebesar 190,69 L/s. Berdasarkan parameter tersebut diperoleh potensi daya hidrolik sebesar 3.956 W. Dengan mempertimbangkan efisiensi total sistem sebesar 64%, daya listrik yang dapat dibangkitkan mencapai 2.532 W atau setara dengan 2,54 kW.

Tabel 3. Potensi PLTMH Embung Air Kebintik

Parameter	Nilai
Head (m)	2,12
Debit Air (Liter/detik)	190,69
Potensi Hidrolik (Watt)	3.956
Efisiensi Sistem	64 %
Daya Air Terbangkit (Watt)	2.532 (2.54)

Potensi hidrolik dihitung berdasarkan debit air rata-rata dan tinggi jatuh air yang tersedia pada lokasi penelitian. Daya terbangkit merupakan daya aktual yang dapat dimanfaatkan setelah memperhitungkan efisiensi total sistem PLTMH.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Embung Kolong Kebintik memiliki potensi yang layak untuk dikembangkan sebagai sumber energi listrik berbasis mikrohidro. Kapasitas pembangkit sebesar 2,54 kW yang diperoleh kemudian digunakan sebagai parameter masukan dalam simulasi HOMER Pro untuk mengevaluasi

kinerja teknis dan kelayakan ekonomi sistem. Berdasarkan hasil simulasi, energi listrik yang dihasilkan tidak hanya mampu memenuhi kebutuhan beban sebesar 5,064 kWh/hari, tetapi juga menghasilkan energi surplus yang dapat dijual ke jaringan listrik.

4.3. Analisis Biaya Implementasi PLTMH

Analisis biaya dilakukan untuk mengetahui kebutuhan investasi awal dan biaya operasional sistem PLTMH selama umur proyek. Dalam simulasi HOMER Pro digunakan biaya investasi awal (*Capital Cost*) sebesar Rp8.000.000, biaya penggantian komponen (*Replacement Cost*) sebesar Rp6.000.000, serta biaya operasi dan pemeliharaan (*Operation and Maintenance Cost*) sebesar Rp100.000 per tahun. Parameter biaya tersebut digunakan sebagai dasar evaluasi kelayakan ekonomi sistem selama umur proyek 25 tahun.

Tabel 4 Parameter Biaya Implementasi PLTMH

Parameter	Nilai
<i>Capital Cost</i>	Rp8.000.000,00
<i>Replacement Cost</i>	Rp6.000.000,00
<i>O&M Cost</i>	Rp100.000,00/tahun
<i>Project Lifetime</i>	25 tahun

Capital Cost merupakan biaya investasi awal pembangunan sistem PLTMH. Replacement Cost merupakan biaya yang diperlukan apabila dilakukan penggantian komponen utama selama umur proyek, sedangkan O&M Cost merupakan biaya operasi dan pemeliharaan tahunan sistem.

Berdasarkan parameter biaya yang digunakan, simulasi HOMER Pro dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi sistem PLTMH yang terhubung dengan jaringan listrik (*grid-connected*). Hasil evaluasi ekonomi secara rinci dibahas pada Subbab 4.4 melalui indikator *Net Present Cost* (NPC), *Cost of Energy* (COE), dan *Operating Cost* yang diperoleh dari hasil simulasi.

4.4. Analisis Perancangan Sistem dan Cost

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER, diketahui bahwa total produksi listrik dari sistem mikrohidro pada Embung Air Kebintik mencapai 19.362 kWh per tahun. Seluruh energi listrik tersebut berasal dari sumber pembangkit *hidro* (100%), yang menunjukkan bahwa sistem PLTMH beroperasi secara mandiri tanpa bantuan sumber energi lain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Produksi Energi Tahunan Sistem PLTMH

Production	kWh/yr	%
<i>Hydro</i>	16.634	98.2
<i>Grid Purchases</i>	299	1.8
Total	16.932	100

Produksi energi sistem didominasi oleh pembangkit mikrohidro dengan kontribusi sebesar 98,2% dari total energi yang tersedia. Kontribusi jaringan listrik hanya digunakan sebagai sumber energi pendukung pada kondisi tertentu.

Dari sisi konsumsi energi, kebutuhan beban listrik tahunan sebesar 1.848 kWh/tahun dapat dipenuhi sepenuhnya oleh sistem. Selain itu, energi surplus sebesar 15.084 kWh/tahun dapat dijual kembali ke jaringan listrik (*grid*). Ringkasan konsumsi energi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Konsumsi Energi Tahunan Sistem PLTMH

Consumption	kWh/yr	%
<i>Defferable Load</i>	1.848	10.9
<i>Grid Sales</i>	15.084	89.1
Total	16.932	100

Sebagian besar energi yang dihasilkan sistem merupakan energi surplus yang dapat dijual kembali ke jaringan listrik sehingga memberikan manfaat ekonomi tambahan bagi sistem PLTMH.

Keandalan sistem dievaluasi berdasarkan nilai *Excess Electricity*, *Unmet Electric Load*, dan *Capacity Shortage*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu memenuhi kebutuhan energi secara penuh tanpa mengalami kekurangan pasokan listrik. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kinerja Sistem PLTMH

Quantity	kWh/yr	%
<i>Excess Electricity</i>	0	0
<i>Unmet Electric Load</i>	0	0
<i>Capacity Shortage</i>	0	0

Nilai nol pada seluruh parameter menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keandalan yang sangat baik dan mampu memenuhi kebutuhan energi selama periode simulasi.

Analisis energi terbarukan menunjukkan bahwa sistem memiliki Renewable Fraction sebesar 98,2% dan Renewable Penetration sebesar 100%. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Penetrasi Energi Terbarukan Sistem

Quantity	Value
Renewable Fraction	98,2%
Renew. Penetration	100%

Nilai *Renewable Fraction* menunjukkan persentase energi yang berasal dari sumber energi terbarukan, sedangkan Renewable Penetration menunjukkan kemampuan sistem memenuhi kebutuhan energi menggunakan energi terbarukan.

Dari sisi ekonomi, hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem memiliki *Net Present Cost* (NPC) sebesar -Rp200.128.437,65 dan *Cost of Energy* (COE) sebesar -Rp826,41/kWh. Selain itu, biaya operasi sistem tercatat sebesar -Rp14.552.420 per tahun. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Indikator Kelayakan Ekonomi Sistem PLTMH

Parameter	Nilai
<i>Capital Cost</i>	Rp8.000.000,00
<i>Net Present Cost (NPC)</i>	-Rp200.128.437,65
<i>Cost of Energy (COE)</i>	-Rp826,41/kWh
<i>Operating Cost</i>	-Rp14.552.420/tahun

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem PLTMH pada Embung Kolong Kebintik memiliki kinerja teknis dan ekonomis yang baik. Nilai Renewable Fraction sebesar 98,2% dan Renewable Penetration sebesar 100% menunjukkan bahwa kebutuhan energi sistem hampir seluruhnya dipenuhi oleh sumber energi terbarukan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Murni dan Suryanto (2021) yang menyatakan bahwa PLTMH mampu menjadi sumber energi yang andal apabila didukung oleh kondisi debit air yang relatif stabil. Perbedaanannya, penelitian ini menggunakan data debit hasil prediksi Jaringan Syaraf Tiruan (JST), sehingga simulasi dapat merepresentasikan kondisi operasi PLTMH berdasarkan proyeksi debit air pada tahun 2025.

Dari sisi ekonomi, nilai *Net Present Cost* (NPC) sebesar -Rp200.128.437,65 dan *Cost of Energy* (COE) sebesar -Rp826,41/kWh menunjukkan bahwa sistem memberikan keuntungan ekonomi selama umur proyek. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Prabowo dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa pemanfaatan perangkat lunak HOMER Pro mampu menghasilkan konfigurasi PLTMH yang layak secara ekonomis dengan biaya energi yang rendah. Namun demikian, penelitian ini memiliki keunggulan karena selain mengevaluasi aspek teknis dan ekonomi, juga menyajikan analisis sensitivitas terhadap perubahan debit air sehingga memberikan gambaran mengenai pengaruh kondisi musim terhadap kinerja sistem PLTMH.

4.5. Analisis Sensitivitas Debit Air

Debit air merupakan parameter utama yang memengaruhi kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Oleh karena itu, dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui pengaruh perubahan debit air terhadap daya listrik yang dapat dibangkitkan. Analisis dilakukan pada tiga kondisi, yaitu kondisi normal, kondisi musim kemarau dengan penurunan debit sebesar 30%, dan kondisi musim hujan dengan peningkatan debit sebesar 30%.

Tabel 10. Analisis Sensitivitas Debit Air

Kondisi	Debit (L/s)	Daya Terbangkit (kW)
Kemarau (-30%)	133.48	1.77
Normal	190.69	2.54
Hujan (+30%)	247.90	3.29

Perubahan debit air berpengaruh langsung terhadap daya keluaran PLTMH. Semakin besar debit air yang tersedia, semakin besar pula daya listrik yang dapat dihasilkan.

Berdasarkan hasil analisis, pada kondisi musim kemarau dengan penurunan debit sebesar 30%, daya terbangkit menurun menjadi 1,77 kW. Sebaliknya, pada kondisi musim hujan dengan peningkatan debit sebesar 30%, daya terbangkit meningkat menjadi 3,29 kW. Hasil ini menunjukkan bahwa debit air merupakan faktor yang sangat menentukan performa teknis PLTMH. Meskipun demikian, sistem masih dapat beroperasi pada kondisi musim kemarau dan tetap memiliki potensi menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan beban maupun disalurkan ke jaringan listrik.

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa debit air merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap daya keluaran PLTMH. Penurunan debit pada musim kemarau menyebabkan daya pembangkit menurun secara proporsional, sedangkan peningkatan debit pada musim hujan meningkatkan daya listrik yang dihasilkan. Walaupun demikian, berdasarkan hasil simulasi HOMER Pro, sistem masih mampu memenuhi kebutuhan beban listrik tanpa mengalami kekurangan pasokan. Temuan ini menunjukkan bahwa konfigurasi sistem yang dirancang cukup andal untuk menghadapi variasi debit air sepanjang tahun.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER Pro, dapat disimpulkan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada Embung Kolong Kebintik memiliki potensi yang layak untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan. Berdasarkan debit air rata-rata sebesar 190,69 L/s dan head efektif sebesar 2,12 m, diperoleh potensi hidrolik sebesar 3.956 W yang setelah memperhitungkan efisiensi sistem sebesar 64% menghasilkan daya listrik sebesar 2.532 W atau setara dengan 2,54 kW.

Hasil simulasi HOMER Pro menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan energi listrik sebesar 16.634 kWh/tahun dari pembangkit mikrohidro dan memperoleh tambahan energi sebesar 299 kWh/tahun dari jaringan listrik, sehingga total energi yang tersedia mencapai 16.932 kWh/tahun. Sistem mampu memenuhi kebutuhan beban listrik sebesar 1.848 kWh/tahun tanpa mengalami Unmet Electric Load maupun Capacity Shortage. Selain itu, energi surplus sebesar 15.084 kWh/tahun dapat dijual kembali ke jaringan listrik (*grid*).

Dari aspek energi terbarukan, sistem memiliki *Renewable Fraction* sebesar 98,2% dan *Renewable Penetration* sebesar 100%, yang menunjukkan bahwa hampir seluruh energi yang digunakan berasal dari sumber energi terbarukan. Dari aspek ekonomi, diperoleh nilai *Net Present Cost* (NPC) sebesar -Rp200.128.437,65, *Cost of Energy* (COE) sebesar -Rp826,41/kWh, dan *Operating Cost* sebesar -Rp14.552.420 per tahun. Nilai negatif pada indikator ekonomi tersebut menunjukkan bahwa pendapatan yang diperoleh dari penjualan energi listrik ke jaringan lebih besar dibandingkan biaya investasi dan operasional sistem selama umur proyek.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa PLTMH pada Embung Kolong Kebintik layak untuk dikembangkan baik dari aspek teknis maupun ekonomis, serta memiliki potensi untuk mendukung peningkatan pemanfaatan energi terbarukan dan pengurangan ketergantungan terhadap energi fosil di Indonesia.

Hasil analisis sensitivitas juga menunjukkan bahwa perubahan debit air memberikan pengaruh langsung terhadap daya keluaran PLTMH. Meskipun terjadi penurunan debit pada musim kemarau, sistem masih mampu beroperasi dan memenuhi kebutuhan beban listrik sehingga menunjukkan tingkat keandalan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. Murni and A. Suryanto, "Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan)," *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, vol. 1, no. 2, Jan. 2021, doi: 10.22146/juliet.v1i2.61282.
- [2] A. Muhammad, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Sungai Damar Kecamatan Pageruyung Kabupaten Kendal," *CYCLOTRON*, vol. 8, no. 01, Jan. 2025, doi: 10.30651/cl.v8i01.25555.
- [3] Y. Rizal, S. B. Wijaya, S. T. K. W. AL Muhyi, and M. Taufik, "Rancang Bangun Turbine Micro Hydro," *Jurnal Inovasi Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 14–20, Apr. 2023, doi: 10.15294/jim.v5i1.69967.
- [4] A. Adriyansyah and S. Saprizal, "Prediksi Ketersediaan Air Embung Kolong Kebintik Sebagai Sumber Air Baku Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan," *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, vol. 6, no. 1, pp. 110–117, Jun. 2024, doi: 10.26740/proteksi.v6n1.p110-117.
- [5] Farhan Ibnu Prabowo, Amanda Fairuz Syahla, Yogi Aldi Saputra, Ananda Rizky Kurniadi, Arnisa Stefanie, and Dian Budhi Santoso, "SIMULASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DENGAN SOFTWARE HOMER STUDI KASUS DAERAH SUKOSARI," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 26, no. 2, pp. 158–167, Jan. 2025, doi: 10.24912/tesla.v26i2.32608.
- [6] M. Hadi and I. Syaekani, "Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi Perencanaan dan Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Indonesia : Tinjauan Literatur," 2025.
- [7] Jusuf Sarante, "Energi Baru dan Terbarukan (EBT) Sebagai Teknologi Alternatif Dimasa Depan Dalam Mendukung Pertahanan Negara," Jun. 2024. [Online]. Available: <https://www.kalderanews.com/2020/05/apa-sih-bedanya-energi-baru-dan-terbarukan/>
- [8] Felly Rizka, "BUKU AJAR ENERGI BARU DAN TERBARUKAN," Nov. 2022.
- [9] M. Hadi and I. Syaekani, "Perencanaan dan Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Indonesia : Tinjauan Literatur," 2025.
- [10] A. R. Qudus *et al.*, "Perancangan dan Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Kampung Cukang Kawung Desa Sirnajaya Garut," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, vol. 2, no. 7, pp. 3093–3097, Sep. 2024, doi: 10.59837/jpmba.v2i7.1399.
- [11] N. Febriana Khairunnisa, Z. Saleh, W. AOktaviani, Y. Apriani, P. Studi Teknik Elektro, and U. Muhammadiyah Palembang, "Analisis Perencanaan Energi Pada Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Pltmh-Plts Menggunakan Simulasi Homer Pro," vol. 10, no. 1, 2025, doi: 10.31851/ampere.
- [12] I. Hartopo and A. Y. Rosyadi, "Desain Sistem PLTS Hybrid dengan Pemodelan HOMER Pro dan PVSyst di Desa Semang, NTT, Indonesia," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 10, no. 1, p. 113, Jun. 2025, doi: 10.31544/jtera.v10.i1.2025.113-122.
- [13] R. B. Prasetyo, F. U. Rahman, and A. B. Muljono, "Desain Sistem Pembangkit Listrik Optimal On-Grid Tenaga Surya, Bayu dan PLTMH Menggunakan Software Homer Di Desa Sesela," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 3, pp. 47–59, Nov. 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.24665.
- [14] R. Abilio Faizal, S. Author, and L. Nurpulaela, "ANALISIS EFISIENSI TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO MENGGUNAKAN HOMER (STUDI KASUS PLTMH PAKEM)," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3S1, Oct. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3S1.7869.
- [15] K. Firmanto, A. Hiendro, R. Kurnianto, K. Hie Khwee, P. Studi Sarjana Teknik Elektro, and J. Teknik Elektro, "STUDI EVALUASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DI DUSUN KM. 44 KECAMATAN SAYAN KABUPATEN MEAWI."
- [16] Mariam Farda, Pebrian Alipia, and Ramadhani Ranu, "Studi Kelayakan Teknoekonomi Pembangkit Mikrohidro Sungai Kalisapi Di Desa Kebanaran Menggunakan Homer," Mar. 2026.