

# DESAIN KAPASITAS OPTIMAL DAN ANALISIS TEKNO EKONOMI SISTEM ENERGI TERBARUKAN HIBRIDA MIKROGRID DI KAMPUNG ORMU DISTRIK RAVENIRARA KABUPATEN JAYAPURA

Mariato Jama<sup>1</sup>, Jakobus Kariongan<sup>2</sup>, Johanis Aryo P. B. Bay<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro/Universitas Cenderawasih/Indonesia  
Email: mariantojama67@gmail.com

## Info Artikel

Histori Artikel:  
Diterima 05 12, 2025  
Direvisi 02 02, 2026  
Disetujui 10 02, 2026

## ABSTRACT

Ormu Village, located in Jayapura Regency, Papua, faces limited access to electricity due to its remote and challenging geographical conditions. This study aims to design an optimal hybrid renewable energy microgrid system combining solar and micro-hydro power to provide an efficient and sustainable electricity supply. The Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER) was used to model and compare various energy generation technologies. The simulation results show that the micro-hydro power plant (PLTMH) supplies approximately 317.680 kWh/year (83,1%), while the solar power plant (PLTS) contributes around 64.713 kWh/year (16,9%). These systems are capable of generating electricity continuously throughout the year. In terms of investment feasibility, the Net Present Value (NPV) method indicates that PLTMH has a positive NPV, making it financially viable. The Profitability Index (PI) for PLTMH is greater than ( $>$ ) 1, which also supports the investment decision. Furthermore, the Discounted Payback Period shows that the initial investment for PLTMH can be recovered within 12,05 years. On the other hand, the PLTS system has a negative NPV, indicating it is not economically feasible. The PI is less than ( $<$ ) 1, and based on the Discounted Payback Period method, the investment cannot be recovered even after 25 years.

**Keywords:** Renewable Energy, PLTH, HOMER

## ABSTRAK

Kampung Ormu di Kabupaten Jayapura, Papua, menghadapi keterbatasan akses listrik akibat kondisi geografis yang sulit dijangkau. Penelitian ini bertujuan merancang sistem energi terbarukan hibrida mikrogrid berbasis tenaga surya dan mikrohidro untuk menentukan sistem paling optimal sebagai solusi penyediaan listrik yang efisien dan berkelanjutan. Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER) digunakan untuk merancang sistem serta memfasilitasi perbandingan teknologi pembangkit listrik. Rincian energi listrik dari sistem ini menunjukkan bahwa PLTMH mendominasi kebutuhan energi listrik sebesar 317.680 kWh /tahun (83,1%), sedangkan PLTS sebesar 64.713 kWh /tahun (16,9% ) dan secara kelayakan investasi dan kajian ekonomi menggunakan metode Net Present Value untuk PLTMH memperoleh hasil NPV bernilai positif sehingga layak diterima. Kemudian untuk metode Profitability Index PLTMH memperoleh nilai PI lebih besar dari ( $>$ ) 1 maka investasi diterima, dan metode Discounted Payback Period PLTMH memerlukan waktu 12,05 tahun untuk kembali modal. Sedangkan untuk PLTS menggunakan metode Net Present Value memperoleh hasil NPV bernilai negatif sehingga tidak layak diterima. Kemudian untuk metode Profitability Index PLTS memperoleh nilai PI lebih kecil dari ( $<$ ) 1 maka investasi tidak diterima, dan metode Discounted Payback Period PLTS hingga tahun ke-25 belum mendapatkan kembali modal.

**Kata Kunci:** Energi Terbarukan, PLTH, HOMER

---

**Penulis Korespondensi:**

Mariato Jama,  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Cenderawasih,  
Email: mariantojama67@gmail.com

---

## 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, khususnya di wilayah Papua, masih terdapat daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik nasional, termasuk Kampung Ormu di Distrik Ravenirara, Kabupaten Jayapura. Kondisi geografis yang terpencil dan medan yang sulit dijangkau membuat pembangunan infrastruktur kelistrikan konvensional menjadi hal yang sangat menantang. Oleh karena itu, penggunaan sistem energi terbarukan hibrida mikrogrid menjadi alternatif yang menarik untuk memenuhi kebutuhan energi di daerah ini.

Sistem mikrogrid yang memadukan berbagai sumber energi terbarukan seperti tenaga surya dan air, memungkinkan penyediaan energi yang lebih efisien dan mandiri, bahkan di wilayah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama. Selain itu, dalam pengembangannya, penting untuk melakukan analisis terkait kapasitas optimal dari sistem tersebut, guna memastikan bahwa pemanfaatan energi terbarukan dapat mengakomodasi kebutuhan energi secara berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang kapasitas optimal dari sistem energi terbarukan hibrida mikrogrid di Kampung Ormu dan melakukan analisis teknis serta ekonomi terkait penerapannya. Dalam analisis teknis, akan dievaluasi pemilihan teknologi yang sesuai, efisiensi sistem, dan kapasitas masing-masing sumber energi terbarukan. Sementara itu, dalam analisis ekonomi, akan dihitung biaya investasi awal, biaya operasional, serta potensi penghematan energi yang dapat dicapai dengan sistem ini.

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem energi terbarukan yang efisien dan berkelanjutan, serta menjadi referensi untuk pengembangan sistem serupa di daerah-daerah terpencil lainnya di Indonesia. Dengan demikian, kampung-kampung di daerah pedesaan, khususnya di Papua, dapat merasakan manfaat dari energi yang bersih, terjangkau, dan berkelanjutan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Tinjauan Umum

Pembangkit listrik hibrida merupakan kombinasi atau integrasi dari beberapa jenis pembangkit listrik berbasis energi terbarukan. Kedua jenis pembangkit tersebut dioperasikan bersama pada satu rel/busbar untuk melayani beban maksimum (Rimbawati & Yusri, 2020)

Sebelum membuat dan mengoperasikan sistem *hybrid* energi terbarukan, biasanya akan dilakukan studi kelayakan. Studi analisis kelayakan meliputi kondisi iklim dari lokasi yang diusulkan, ketersediaan energi terbarukan dan penilaian beban dan beban permintaan. Studi kelayakan membantu dalam menemukan lokasi terbaik untuk mengembangkan sistem *hybrid* energi terbarukan surya dan angin (V. Khare dkk, 2016).

### 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Prinsip dasar mikrohidro adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan.

#### 2.2.1 Pengukuran Ketinggian (Head)

Gradien skematik rata-rata dirumuskan sebagai berikut :

$$H_{\text{rerata}} = H_1 + H_n$$

Dimana :

$$H_1 = \text{Elevasi titik tertinggi (m)}$$

$$H_n = \text{Elevasi titik terendah (m)}$$

$$H_{\text{rerata}} = \text{Tinggi jatuh air (m)}$$

### 2.2.2 Pengukuran Debit Air

$$Q = v \times A \times c$$

Dimana:

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/detik)

v = Kecepatan air (m/detik)

A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

c = Faktor koreksi 0,85

### 2.2.3 Rumusan Daya

Rumusan umum dari daya yang dihasilkan dalam semua pembangkit tenaga air adalah sebagai berikut :

$$P_{in} = 9,8 \times Q \times H_n$$

Potensi menggunakan turbin :

$$P = 9,8 \times Q \times H_n \times \eta_T$$

Potensi menggunakan generator :

$$P_{out} = 9,8 \times Q \times H_n \times \eta_T \times \eta_G$$

Dimana :

P = Daya yang dihasilkan (Watt)

g = gaya gravitasi (9,8 m/detik<sup>2</sup>)

H = Ketinggian jatuh air maksimum (meter)

Q = debit air (m<sup>3</sup>/detik)

$\eta_T$  = Efisiensi dari turbin

$\eta_g$  = Efisiensi dari generator

## 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

pembangkit listrik Pembangkit listrik tenaga surya mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Pembangkitan energi listrik pada sel surya terjadi berdasarkan efek fotolistrik, atau disebut juga efek fotovoltaik listrik melalui penghantar akan menghasilkan arus listrik.

### 2.3.1 Menghitung PV Area

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{AV} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{out}}$$

Dimana :

E<sub>L</sub> = Energi yang dibangkitkan (kWh/hari)

G<sub>AV</sub> = Intensitas matahari (kWh/m<sup>2</sup>/hari)

TCF = *Temperatur Coefficient factor* (%)

$\eta_{PV}$  = Efisiensi panel surya (%)

$\eta_{OUT}$  = Efisiensi Keluaran (%)

### 2.3.2 Menghitung Area Array

$$P_{wattpeak} = PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{PV}$$

Dimana :

PV Area = luas permukaan panel surya

PSI = peak solar isolation adalah 1.000 W/m<sup>2</sup>

$\eta_{PV}$  = Efisiensi panel surya [%]

### 2.3.2 Menghitung Jumlah Panel Surya

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{wattpeak}}{P_{mpp}}$$

Dimana :

$P_{wattpeak}$  = Daya yang dibangkitkan (Wp)

$P_{mpp}$  = Daya maksimum keluaran panel surya (watt)

## 2.4 HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*)

HOMER merupakan suatu perangkat lunak (program) simulasi yang mengoptimalkan sistem pembangkit tenaga listrik, baik off-grid (stand-alone) maupun grid-connected yang dapat terdiri atas kombinasi *photovoltaic*, mikrohidro, battery dan kombinasi sumber energi baru dan terbarukan lainnya.

HOMER memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan perangkat lunak yang serupa lainnya, yakni :

- Dapat mengetahui hasil yang optimal dari konfigurasi sistem (mensimulasikan beberapa konfigurasi sistem berdasarkan Net Present Cost)
- Dapat menunjukkan analisis nilai sensitivitas
- Dapat memodelkan sistem jaringan transmisi listrik
- Komponen-komponen sistem hibrid yang akan digunakan lengkap
- Dapat memodelkan sumber energi baru dan terbarukan yang tersedia

Parameter-parameter input sangat terperinci, seperti: sumber energi baru dan terbarukan, faktor ekonomi, emisi, constraints dan lain-lain. Arsitektur perangkat lunak HOMER memiliki tiga bagian utama, yaitu: input, simulasi dan output.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Potensi Energi Terbarukan Kampung Ormu

Terdapat 2 potensi energi terbarukan pada Kampung Ormu yaitu Air sebagai PLTMH dan Radiasi matahari sebagai PLTS

#### 3.1.1 Hasil Data Potensi PV

Berikut ini hasil data Potensi PV

**Tabel 1** Radiasi Matahari di Kampung Ormu

Bulan	Suhu Rata-Rata (°C)	Radiasi Harian (kWh/m <sup>2</sup> /hari)
Januari	27,98	4,16
Februari	27,95	4,52
Maret	27,97	4,35
April	28,45	6,18
Mei	28,11	4,24
Juni	27,72	5,32
Juli	27,59	3,94
Agustus	28,30	5,64
September	28,66	4,90
Oktober	28,26	4,98
November	28,78	5,94
Desember	28,41	3,96
<b>Rata-Rata</b>	<b>28,18</b>	<b>4,84</b>

Sumber: Data BMKG, 2024

### 3.1.2 Hasil Data Pengukuran Potensi PLTMH

**Tabel 2** Hasil Pengukuran Potensi PLTMH

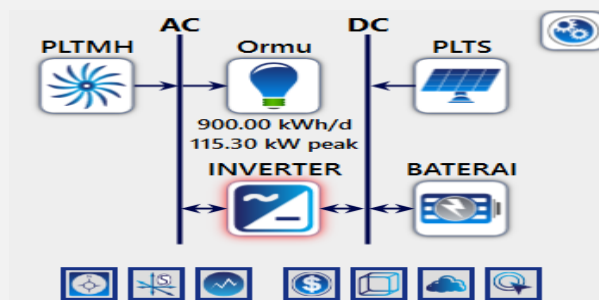
No	PARAMETER	DATA
1	Kecepatan aliran rata-rata (m/s)	0,59
2	Kedalaman rata-rata (m)	0,419
3	Luas penampang (m <sup>2</sup> )	2,577
4	Lebar penampang sungai (m)	6,3
5	Debit Air ( m <sup>3</sup> )	1,292
6	Ketinggian / Head(m)	5,2

### 3.1.3 Hasil Perhitungan Potensi PLTMH dan PLTS

**Tabel 3** Hasil Pengukuran Potensi PLTMH

JENIS PEMBANGKIT	DAYA (kWh)/hari
PLTMH	1007,35 kWh
PLTS (120 Panel Surya)	120,8 kWh

## 3.2 Hasil Simulasi Homer



**Gambar 1** Tampilan Simulasi HOMER

Hasil simulasi tersebut memberikan beberapa konfigurasi yang dapat mensuplai beban secara terus menerus dalam satu tahun. Hasilnya disajikan pada Gambar 1. Konfigurasi sistem yang dihasilkan didasarkan pada masalah ekonomi sistem yaitu NPC. Hasil simulasi menempatkan sistem yang memiliki NPC

terkecil dianggap optimal untuk memenuhi kebutuhan beban.

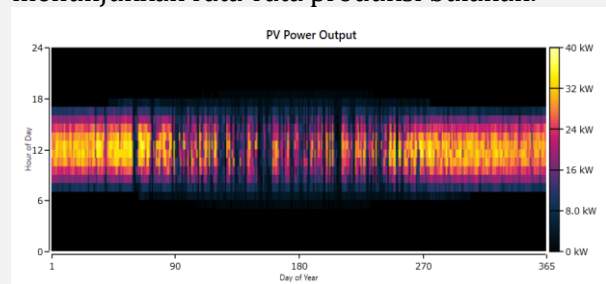
**Tabel 4** Hasil Simulasi HOMER

PLTMH (kW)	PLTS (kW)	Inverter (kW)	Baterai (Unit)	NPC (Rp)
42	35	80	52	4.026.132.000
42	38	73	45	4.089.816.000
42	40	80	41	4.221.953.000

Hasil Konfigurasi pembangkit listrik tenaga hibrid yang paling optimal berdasarkan nilai Net Present Cost (NPC) terendah terdiri dari PLTMH 42 kW, PLTS 35 kW, baterai sebanyak 52 dan inverter pada 80 kW dengan total NPC sebesar Rp. 4.026.132.000, biaya pembangkitan listrik (Cost of energy) sebesar Rp.2.256,32. Energi listrik yang dihasilkan oleh sistem ini dalam setahun adalah 382.392 kWh.

### 3.2.1 Energi yang dihasilkan PLTS

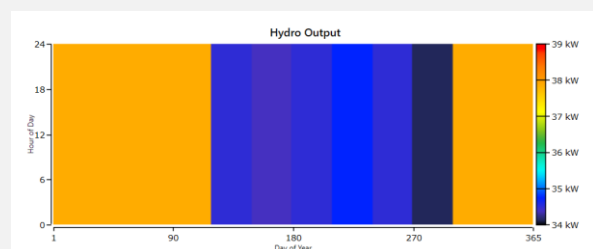
PLTS pada sistem ini dapat menghasilkan energi sebesar 64.713 kWh/tahun atau 16,9% dari total produksi energi tahunan. Energi rata-rata yang dapat dibangkitkan adalah 177 kWh/day, maksimum 36,7 kW. Gambar 4.5 menunjukkan rata-rata produksi bulanan.



**Gambar 2** Profil Energi Bulanan PLTS

### 3.2.2 Energi yang dihasilkan PLTMH

PLTMH yang terpasang memiliki kapasitas 40 kW, dengan debit rencana 1,292 m<sup>3</sup>/s, menghasilkan energi listrik sebesar 317.687 kWh/tahun. Energi rata-rata yang dapat dihasilkan adalah 36,3 kW dan daya maksimum yang dapat dibangkitkan adalah 38 kW.



**Gambar 3** Profil Energi Bulanan PLTMH

### 3.3 Analisis Kelayakan Investasi dan Kajian Ekonomi

Parameter biaya yang diinput pada perangkat lunak HOMER untuk sistem PV, mikrohidro, baterai dan konverter terdiri dari biaya modal, biaya pengganti komponen, dan operasional dan manajemen (O&M) dengan rata-rata Lifetime 25 tahun.

Tabel 5 Rincian Biaya Komponen PLTH

Komponen	Total (Rp)
PLTMH 40 kW	1.510.350.000
PLTS 35 kW	1.773.556.692
Baterai 52 buah	208.672.230
Inverter 80 kW	533.560.992

Berdasarkan tabel 5 dapat di ketahui bahwa untuk membangun sebuah PLTS 35 kW dengan 52 baterai dan Inverter 80 kW memerlukan biaya sebesar Rp.2.515.789.914, sedangkan untuk membangun sebuah PLTMH memerlukan biaya sebesar Rp1.510.350.000

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terkait dengan pengukuran, perhitungan, simulasi dan analisa data di atas, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

Konfigurasi pembangkit listrik hibrid yang paling optimal berdasarkan nilai Net Present Cost (NPC) terdiri dari PLTMH 40 kW, PLTS 35 kW, 52 baterai dan inverter 80 kW dengan total NPC sebesar Rp.4.026.132.000, biaya pembangkitan listrik (Cost of energy) sebesar Rp.2.256,32. Energi listrik yang dihasilkan oleh sistem ini dalam setahun adalah 382.392 kWh.

PLTMH menghasilkan energi listrik sebesar 317.680 kWh /tahun, PLTS sebesar 64.713 kWh /tahun. Penetrasi energi terbarukan sistem ini yang berasal dari PLTMH dan PLTS masing-masing sebesar 83,1% dan 16,9%. Berdasarkan simulasi HOMER yang diperoleh sistem PLTH akan terus memproduksi energi listrik selama satu tahun.

Kelayakan investasi dan kajian ekonomi menggunakan metode *Net Present Value* untuk PLTMH memperoleh hasil NPV sebesar Rp. 1.198.408.402 bernilai positif sehingga layak diterima. Kemudian untuk metode *Profitability Index* PLTMH memperoleh nilai 1,79 nilai PI lebih besar dari (>) 1 maka investasi diterima, dan metode *Discounted Payback Period* PLTMH memerlukan waktu 11,5 tahun untuk kembali

modal. Sedangkan untuk PLTS menggunakan metode *Net Present Value* memperoleh hasil NPV sebesar - Rp. 1.964.002.321 bernilai negatif sehingga tidak layak diterima. Kemudian untuk metode *Profitability Index* PLTS memperoleh nilai 0,22 nilai PI lebih kecil dari (<) 1 maka investasi tidak diterima, dan metode *Discounted Payback Period* PLTS hingga tahun ke-25 belum mendapatkan kembali modal.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astawa, I. K. W., Giriantari, I. A. D., & Sukerayasa, I. W. (2021). Studi Ekonomis Penggunaan PLTS Rooftop 3 kWp *Frameless With On-Grid System* Pada Pelanggan R/4400 VA. *Jurnal Spektrum*, 8(4).
- [2] Atmaja, L. S. (2008). Teori dan Praktik Manajemen Keuangan. Yogyakarta: Andi.
- [3] Azizah, A. N., & Purbawanto, S. (2021, April). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PV dan Mikrohidro) Terhubung Grid (Studi Kasus : Desa Merden, Kecamatan Padureso, Kebumen). *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, 2(1), 6-10.
- [4] Chamdareno, P. G., & Hilal, H. (2018). Analisa Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* PLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 1(1), 35-42.
- [5] ESDM. (2015). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (PERSERO) 2015-2024*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [6] Hidayat, F., Winardi, B., & Nugroho, A. (2019). Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro. *Transient*, 7(4), 875.
- [7] Juwito, A. F., Pramonohadi, S., & Haryono, T. (2012). Optimalisasi energi terbarukan pada pembangkit tenaga

listrik dalam menghadapi desa mandiri energi di Margajaya. *Semesta Teknika*, 15(1).

- [8] Kanata, Sabhan. (2015). Kajian Ekonomis Pembangkit *Hybrid Renewable* Energi Menuju Desa Mandiri Energi di Kabupaten Bone-Bolango. *Jurnal Rekayasa Eletrika*, 11(3), 114-122.
- [9] Kariongan, J., Harun, N., Suyuti, A., & Humena, S. (2019, Februari). Optimasi Pembangkit Energi Terbarukan Untuk Meningkatkan Rasio Listrik di Kabupaten Borme Provinsi Papua. *Jurnal Teknik dan Ilmu Terapan ARPAN*, 939-946.