

## EVALUASI PENGOPERASIAN PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO, WONOSOBO

Heru Nugroho<sup>1\*</sup>, Danang mahendra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektronika Universitas Sains Al-Qur'an (UNSIQ)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Informatika Universitas Nahdlatul Ulama Jepara

\*Penulis Korespondensi : [suheru.st@gmail.com](mailto:suheru.st@gmail.com)

### Abstrak

Keberhasilan dan keberlanjutan dari upaya pembangunan sangat ditentukan oleh pengelolaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro, terutama oleh operator dan petugas administrasi yang secara langsung berkaitan dengan operasional. Banyak pembangkit mikrohidro milik pemerintah daerah yang telah dibangun, namun tidak diimbangi dengan manajemen yang baik sehingga dalam waktu yang relatif singkat tidak lagi beroperasi. Agar mikrohidro dapat berjalan dengan baik dan stabil, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap hasil energi listrik per tahun. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk menghitung energi listrik selama satu tahun dengan membandingkan perhitungan energi aktual yang dihasilkan dengan target yang telah ditetapkan. Dengan perbandingan antara hasil nyata dan target, akan diketahui sejauh mana pencapaian tersebut dan apakah terdapat kerusakan atau penurunan kinerja peralatan mikrohidro. Selama satu tahun, PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) Wangan Aji menghasilkan energi listrik sebesar 770.400 kWh dengan harga jual Rp 656 per kWh, sehingga pendapatan dari penjualan listrik ke PLN adalah sebesar Rp 505.382.400 dalam satu tahun. Namun, hasil aktual di lapangan hanya mencapai 486.180 kWh, sehingga pendapatan aktual yang diperoleh adalah sebesar Rp 315.522.800. Kerugian produksi mikrohidro mencapai 284.220 kWh. Terdapat tiga faktor utama yang mempengaruhi penurunan produksi energi mikrohidro Wangan Aji, yaitu: Faktor alam seperti banjir, Faktor kerusakan baik secara mekanik maupun elektrik, Faktor manusia, yakni keterbatasan kemampuan operator. Agar pada tahun-tahun mendatang PLTMH Wangan Aji dapat beroperasi secara lebih stabil, maka perlu dilakukan peningkatan jam produksi, pembangunan bak penenang (sedatif) agar dapat tetap beroperasi saat banjir, serta peningkatan kemampuan operator dalam mengoperasikan dan menangani kerusakan mikrohidro.

**Kata kunci:** Listrik, Mikrohidro, Energi, PLN, Operator.

### Abstract

The success and sustainability of development effort is determined from the microhydro power management, especially operators and administrative personnel that directly intersect with employment. Many microhydro local governments that have been built but not balanced good management so that in a relatively short period of no longer operating. In order mikrohidro can run well and stable it is necessary to evaluate the results of electrical energy per year The purpose of the evaluation is to calculate the electrical energy for a year with actual energy calculations and results obtained in one year and then will be found the difference of the calculation and the calculation of real targets in the field. The operation will run very well when the real yield close to the target but otherwise if not then it will be known to damage the active shortening of work equipment mikrohidro. Within one year of Wangan Aji MHP generate 770,400 kWh of electrical energy at a price of Rp 656 per kWh then the revenue from the sale of electricity to PLN at Rp 505,382,400 in one year, but the results on the field reached reached 486,180 kWh at a price of Rp 656 the income Wangan Aji MHP 315.522.80 the losses of Rp 284,220 kWh production mikrohidro There are three factors that influence the decrease in the production of micro hydro energy Wangan Aji ie, the natural factors that occur due to flooding, the damage factor of mechanical and electrical damage, the human factor that has not advanced. In order for the coming year Wangan Aji MHP get the most stable and it is necessary to increase production hours, creating a sedative tub so that when floods are expected to operate and enhance the operator's ability to operate and improving damage mikrohidro.

**Keywords:** Electricity, Microhydro, Energy, PLN, Operator.

## 1. PENDAHULUAN

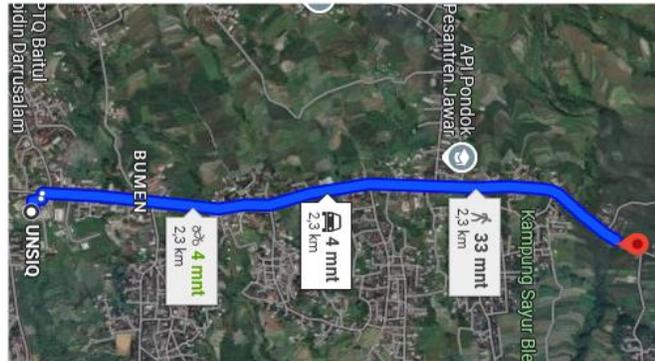
PLTMH Wangan Aji dibangun pada tahun 2006 dalam upaya untuk mempromosikan pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan saluran irigasi Sungai Wangan Aji. Pembangkit ini akan dihubungkan ke jaringan tegangan menengah PT. PLN. Pendirian pembangkit mikrohidro ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas listrik PLN guna memenuhi kebutuhan konsumen yang terus meningkat setiap tahunnya. Inisiator pendirian PLTMH ini adalah Koperasi Energi Indonesia (KOPENINDO) dengan bantuan dana yang diberikan oleh *Asian Development Bank (ADB)*.

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 31 Tahun 2009 yang mengatur tentang harga pembelian listrik yang dihasilkan oleh pembangkit energi terbarukan skala kecil dan menengah atau kelebihan daya untuk PT. PLN. Peraturan ini memberikan kesempatan bagi perusahaan swasta dan BUMD untuk membangun pembangkit mikrohidro sebagai bisnis inti mereka, dengan produk yang akan dijual ke PT. PLN dengan harga yang wajar, tanpa perlu negosiasi lebih lanjut dengan PT. PLN dan tanpa izin dari menteri. Kebijakan pemerintah ini adalah yang diharapkan oleh pengembang yang tertarik untuk mengembangkan pembangkit mikrohidro.

PLTMH Wangan Aji dirancang untuk menghasilkan daya listrik sebesar 140 kW, beroperasi 24 jam sehari, dengan seluruh daya listrik yang dihasilkan disalurkan ke jaringan tegangan menengah PT. PLN dan dijual kepada pihak PLN dengan harga Rp 656 per kWh. PLTMH Wangan Aji (selanjutnya disingkat MHPP) selalu merencanakan sistem operasionalnya untuk mencapai daya listrik maksimal sesuai target. Namun, dalam banyak kasus, pembangkit akan menghadapi hambatan yang cenderung mengurangi produksi listrik. Mengingat pentingnya produksi listrik yang berkelanjutan di masa depan, pengelolaan yang tepat oleh manajemen MHPP dan pihak terkait lainnya sangat diperlukan.



(a) Lokasi PkM



(b) Jarak UNSIQ Ke PLTMH Wangan Aji

Gambar 1. Kegiatan PKM, (a). Lokasi PkM, (b). Jarak UNSIQ ke PLTMH Wangan Aji

## 2. BAHAN DAN METODE

PLTMH adalah sistem pembangkit listrik yang menggunakan energi kinetik dari aliran air untuk menggerakkan turbin dan generator. Turbin mengubah energi potensial dari aliran air menjadi energi mekanik dalam bentuk rotasi poros. Rotasi tersebut kemudian diubah oleh generator menjadi energi listrik yang didistribusikan kepada pelanggan melalui jaringan transmisi listrik. Terdapat beberapa jenis turbin untuk PLTMH yang penggunaannya disesuaikan dengan debit air dan tinggi jatuhnya. Turbin yang umum digunakan di PLTMH di Indonesia adalah sebagai berikut:

1. *Turbin Crossflow*: cocok untuk ketinggian jatuh sedang 10-100 m, daya listrik 1 kW - 250 kW;
2. *Turbin Propeler*: cocok untuk ketinggian jatuh rendah 1-10 meter dengan debit air besar dan kecepatan rotasi 310 – 1000 rpm;
3. *Turbin Pelton*: cocok untuk ketinggian jatuh di atas 80 m dan kecepatan turbin Pelton (*impuls*) 12 – 70 rpm;
4. *Turbin Francis*: cocok untuk ketinggian jatuh 8–300m dengan debit air 0,3 hingga 20 (m<sup>3</sup>/detik) untuk menghasilkan daya listrik 500 kW–5000 kW & kecepatan turbin 80–420 rpm.

*Generator* adalah perangkat yang mengubah energi mekanik dari rotasi turbin menjadi energi listrik. Yang umum digunakan adalah tipe Arus Bolak-Balik (AC), yang bekerja pada frekuensi 50 Hz, dengan kecepatan rotasi 1500 rpm. Daya listrik yang dihasilkan bisa berupa sistem satu fasa atau tiga fasa dengan sistem 220/380 volt. Generator diputar dengan menghubungkan rotor ke poros turbin menggunakan sabuk.

Kabel penghantar mentransmisikan daya listrik dari generator ke rumah tangga dan menyediakan pasokan listrik tambahan ke PT. PLN. Daya listrik dari pembangkit ini ditransmisikan melalui sistem kabel tegangan rendah (220/380). Kabel yang umum digunakan adalah jenis kabel *twisted* (NFA2X), dengan diameter 70 mm<sup>2</sup> atau 50 mm<sup>2</sup>, dengan panjang disesuaikan dengan beban yang ditransmisikan. Prinsip pembangkit listrik di pembangkit ini cukup sederhana; memutar turbin dengan menggunakan energi aliran air. Untuk memutar turbin, dibutuhkan aliran air yang deras, yang dihasilkan dari perbedaan ketinggian. Jika aliran air yang deras tidak ditemukan, saluran air dapat dibuat dengan membangun sebuah bendungan kecil yang berfungsi untuk mengarahkan aliran air. Aliran air yang deras tersebut dapat memutar turbin yang terhubung dengan generator; dengan demikian, energi listrik dihasilkan dengan persamaan berikut:

$$P_{\text{turbine}} = \eta_{\text{turbine}} \times m \times g \times h \quad (1)$$

where

$P$  = Power (J/s or watts)  $\eta$  = turbin efficiency (%)

$g$  = gravitational acceleration (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$h$  = head (m)

$m$  = mean water flow (m<sup>3</sup>/s)

Listrik yang dihasilkan di sebuah pembangkit listrik adalah.

$$P_{\text{generator}} = \eta_{\text{turbine}} \times \eta_{\text{generator}} \times m \times g \times h \quad (2)$$

$$P_{\text{net}} = \eta_{\text{network}} \times P_{\text{generator}} \quad (3)$$

where

$\eta_{\text{turbine}}$  = turbine efficiency (%)

$\eta_{\text{generator}}$  = generator efficiency (%)

$\eta_{\text{network}}$  = network efficiency (%)

$m$  = water discharge (m<sup>3</sup>/second)

$h$  = fall height of water (m)

## A. Bahan dan Data

Kegiatan observasi evaluasi ini dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Wangan Aji yang dioperasikan oleh koperasi Pondok Pesantren Roudlotuth Tholibin Jawar, Mojotengah, Wonosobo, Jawa Tengah. Data yang digunakan dalam penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Data primer, diperoleh langsung dari sumber resmi, yaitu melalui wawancara dengan petugas lapangan, petugas operasional, serta data lain yang dicatat dan didokumentasikan di lapangan.
2. Data sekunder, diperoleh dari hasil membaca literatur yang relevan dengan tema yang dikaji.
3. Dokumen studi kelayakan pembangunan PLTMH Wangan Aji oleh KOPENINDO.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras berikut:

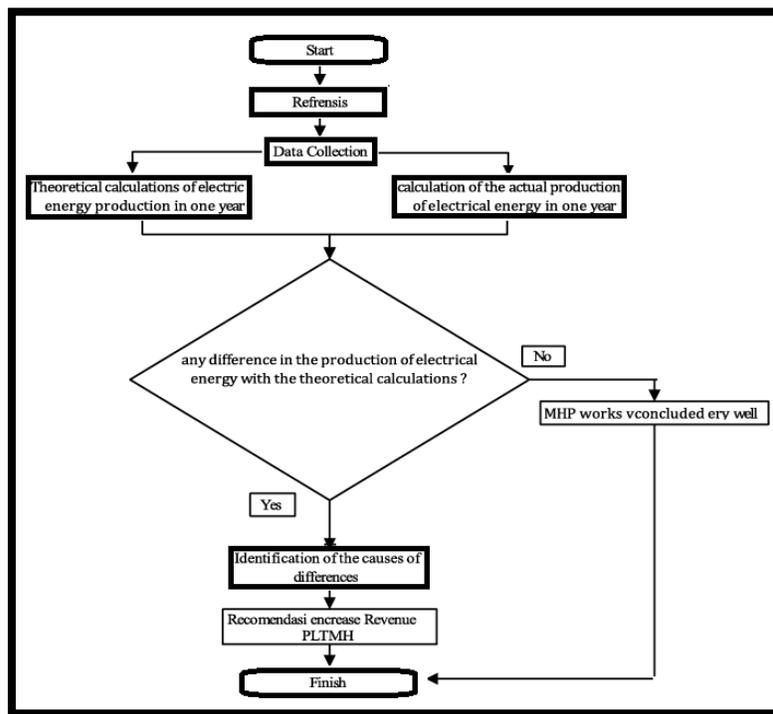
1. Komputer pribadi untuk membantu dalam pengumpulan data kWh;
2. Current meter atau conductivity meter untuk mengukur debit air;
3. Multimeter untuk mengukur tegangan dan arus dari generator yang terhubung ke jaringan PLN;
4. Peta topografi dalam bentuk digital dan cetak, dengan skala 1:25.000; dan
5. Data pelengkap dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Wonosobo.

## B. Metode

Berikut ini merupakan tahapan tata cara (metode) dari pelaksanaan kegiatan evaluasi yang dilakukan pengabdian pada PLTMH Wangan Aji Wonosobo

1. Tahapan Proses: Tahapan proses penelitian meliputi langkah-langkah berikut: kajian pustaka dengan mengumpulkan dan mempelajari literatur yang relevan; kerja lapangan; konsultasi dengan pembimbing; dan mencari sumber-sumber lain untuk mendukung landasan teori.

2. Variabel: Variabel-variabel yang dilibatkan dalam penelitian ini meliputi: debit air yang menggerakkan turbin, daya listrik yang dihasilkan dari putaran turbin, daya listrik yang disalurkan dari generator, efisiensi peralatan listrik dan mekanik, tegangan keluaran generator, dan arus listrik.
3. Analisis: Analisis dilakukan untuk memperoleh data mengenai penurunan produksi listrik di PLTMH Wangan Aji, yang disalurkan ke jaringan listrik tegangan rendah PT. PLN, dengan prosedur sebagai berikut:
  - Mencatat angka kWh yang ditunjukkan pada panel kontrol;
  - Membandingkan output yang tercatat pada meter kWh dengan daya listrik yang secara ideal dihasilkan oleh PLTMH;
  - Mengidentifikasi kemungkinan penyebab penurunan daya listrik yang dihasilkan;
  - Menyusun rekomendasi untuk perbaikan terhadap peralatan yang rusak dan menghambat proses produksi.



Gambar 2. Flowchat Pengamatan Evaluasi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

PLTMH Wangan Aji dibangun pada tahun 2006, diinisiasi oleh Koperasi Energi Indonesia (KOPENINDO) dengan dana bergulir yang diberikan oleh *Asian Development Bank (ADB)*, dan dikelola oleh Koperasi API di Pondok Pesantren Roudlotuth Tholibin. PLTMH Wangan Aji dibangun untuk mendorong pengembangan energi ramah lingkungan dan meningkatkan kualitas pelayanan listrik bagi masyarakat umum. Profil dari PLTMH tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Profil WHPP Wangan Aji

No	PLTMH Wangan Aji	Location And Kondition
1	Name Village	Blenderan
2	Regency	Garung
3	District	Wonosobo
4	province	Jawa Tengah
5	Nation	Indonesia
6	Name PLTMH	PLTMH Wangan Aji
7	Built In	2007
8	Geografi Position	7 21' S dan 109 54'E
9	Topografi	750 m above sea level
10	Aksesibilitas ke desa PLTMH	MHP distance to the nearest grid 7 km
11	MHP distance to the nearest grid	10 m

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Wonosobo, 2007

PLTMH Wangan Aji dirancang untuk menghasilkan daya listrik sebesar 140 kW, dan dioperasikan selama 24 jam per hari. Pembangkit ini memanfaatkan aliran air dari saluran irigasi Wangan Aji. Debit air yang digunakan sebesar 1,42 m<sup>3</sup>/detik, dengan tinggi jatuh bersih 10,3 meter, serta panjang konstruksi sipil 230 meter dari intake hingga *tailrace*, yang mampu menghasilkan listrik sebesar 901 MWh per tahun.

Tabel 2. Spesifikasi turbin MHPP Wangan Aji

Spesifikasi Turbin	Turbin 1	Turbin 2
Desain Manufaktur	Proppeler TPT 01-420	Hitzinger 4C 06T
Net Head	10,3 m	10,3 m
Turbin Power	65 kW	75 kW
Life Time	20 Tahun	20 Tahun
Nominal Speed	1000 rpm	1000 rpm
Frequency	50 Hz	50 Hz
Total Effisiensi Turbin	90%	90%
Turbine discharge	14,2 m <sup>3</sup> /sekon	14,2 m <sup>3</sup> /sekon

Source: Wangan Aji MHPP

Tabel 3. Spesifikasi generator MHPP Wangan Aji

Spesifikasi Generator	Generator 1	Generator 2
Manufaktur	Hitzinger 4C 06T	Hitzinger 4C 06T
Type	Sinkron	Sinkron
Nominal Power	80 kVA	80 kVA
Nominal Voltage	400 Volt	400 Volt
Nominal Current	115 Ampere	115 Ampere
Nominal Speed	1000 rpm	1000 rpm
Frequency	50 Hz	50 Hz
efficiency of the electrical and mechanical	90%	90%
Effisiensi Of Electrical	77%	77%

Source: Wangan Aji MHPP

$$\text{Turbine power output} = \{ \text{applied power} \times \text{turbine efficiency} \}$$

$$65 \text{ kW} \times 90 \% = 58,5 \text{ kW}$$

$$\text{Generator power output} = \{ \text{turbine power output} \times \text{generator efficiency} \}$$

$$58,5 \times 90 \% = 52,65 \text{ kW}$$

$$\text{MHPP power output} = \{ \text{generator power output} \times \text{electrical efficiency} \}$$

$$52 \times 96 \% = 50,175 \text{ kW}$$

$$\text{Turbine 2 power input} = 75 \text{ kW} \quad \text{Frequency} = 50 \text{ Hz}$$

$$\text{Turbine power output} = \{ \text{applied power} \times \text{turbine efficiency} \}$$

$$75 \text{ kW} \times 90 \% = 67,5 \text{ kW}$$

$$\text{Generator power output} = \{ \text{turbine power output} \times \text{generator efficiency} \}$$

$$58,5 \times 90 \% = 60,75 \text{ kW}$$

$$\text{MHPP power output} = \{ \text{generator power output} \times \text{electrical efficiency} \}$$

$$52 \times 96 \% = 57,125 \text{ kW}$$

Tabel 4. Daya Bersih dari Kedua Turbin



Source: Wangan Aji MHPP

Daya yang tertera pada panel kontrol turbin 1 adalah 49,8 kW

Daya yang tertera pada panel kontrol turbin 2 adalah 55,8 kW

Frekuensi: 50 Hz

Tegangan Keluaran: 386 / 400 Volt

Mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2009, harga pembelian listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 adalah sebagai berikut:

IDR 656/kWh x F, Jika terhubung ke tegangan menengah:

For Java and Bali areas, F = 1

For Sumatera and Sulawesi areas, F = 1.2

Dengan demikian, pendapatan per tahun yang diperoleh oleh PLTMH ditabulasi sebagai berikut.

Tabel 5. Target revenue 1 tahun

Table 4.4 Target Revenue PLTMH In One Year									
NO	Bulan	Turbine Power kW	Turbin Power Work		Our Work In Mont Work	Normal Production kWh	Normal Production kWh	Prize Sell Rp	Revenue Rp
			Turbin 1 kW	Turbin 2 kW					
1	Januari	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
2	Februari	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
3	Maret	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
4	April	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
5	Mei	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
6	Juni	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
7	Juli	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
8	Agustus	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
9	September	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
10	Oktober	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
11	November	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
12	Desember	140	50	57	600	30000	34200	656,00	42.115.200
					7200	360000	410400	656,00	505.382.400

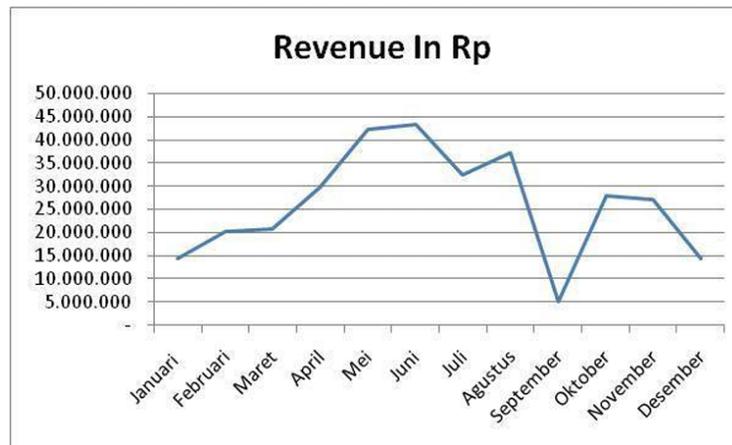
Source: Data diperoleh dari lapangan secara nyata pada PLTMH.

Tabel 6. Revenue PLTMH 2011

Table 4.5 Revenue PLTMH Tahun 2011									
NO	Bulan	Turbine Power	Turbine Power Work		Our Work Turbin 1	Our WorkTurbin 2	Resault Production	Prize sell	Revenue
		kW	Kontrol satu kW	Kontrol dua kW	Jam	Jam	kWh	Rp	Revenue In Rp
1	Januari	140	49,8	55,8	373	Tak Beroperasi	22.140	656	14.523.840
2	Februari	140	49,8	55,8	310	254	31.080	656	20.388.480
3	Maret	140	49,8	55,8	367	231	31.502	656	20.665.312
4	April	140	49,8	55,8	291	167	45.360	656	29.756.160
5	Mei	140	49,8	55,8	672	653	64.500	656	42.312.000
6	Juni	140	49,8	55,8	769	634	66.078	656	43.347.168
7	Juni	140	49,8	55,8	285	572	49.620	656	32.550.720
8	Agustus	140	49,8	55,8	543	432	56.880	656	37.313.280
9	September	140	49,8	55,8	142	Tak Beroperasi	7.800	656	5.116.800
10	Oktober	140	49,8	55,8	434	425	42.720	656	28.024.320
11	November	140	49,8	55,8	525	436	41.400	656	27.158.400
12	Desember	140	49,8	55,8	372	Tak Beroperasi	21.900	656	14.366.400
					5083	3.804	486.180	656	315.522.880

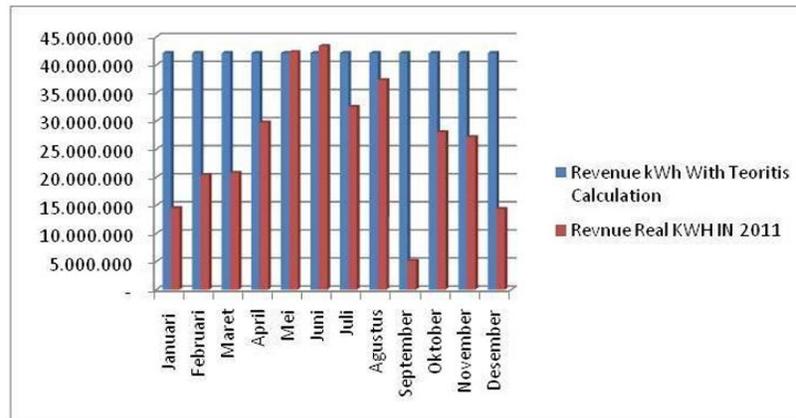
Source: PLTMH 2011

Analisis terhadap tabel produksi untuk bulan Januari menghasilkan 22.140 kWh, kemudian hasilnya terus meningkat hingga mencapai puncak produksi pada bulan Juni sebesar 66.078 kWh. Setelah itu, produksi menurun pada bulan Juli, dan penurunan terendah terjadi pada bulan September, yaitu sebesar 7.800 kWh, sedangkan rata-rata produksi listrik adalah 40.515 kWh.



Gambar 3. Grafik Produksi Tahun 2011.

PLTMH Wangan Aji memiliki dua unit turbin yang dapat menghasilkan energi listrik sebesar 140 kWh dengan efisiensi 80%. Analisis produksi dilakukan dengan mengamati perubahan jam produksi dan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH Wangan Aji setiap bulan, serta dengan membandingkan hasil yang seharusnya diperoleh untuk mengetahui kerugian, kendala, dan pendapatan. Tabel menunjukkan bahwa daya turbin terpasang adalah 140 kWh dengan total jam kerja turbin 1 dan turbin 2 masing-masing sebesar 7.200 jam, yang akan menghasilkan 770.400 kWh energi listrik dalam satu tahun. Namun hasil aktual menunjukkan bahwa turbin 1 hanya bekerja selama 4.789 jam dan turbin 2 selama 2.775 jam, sehingga hanya menghasilkan 486.180 kWh energi listrik selama satu tahun. Kehilangan jam kerja pada turbin 1 adalah 2.411 jam dan pada turbin 2 sebesar 3.425 jam, sehingga total kerugian produksi mencapai 284.220 kWh energi listrik.



Gambar 4. Analisis Perbandingan Hasil Produksi.

Produksi pada tahun 2011 dipengaruhi oleh ketidaksesuaian antara jam produksi PLTMH dengan jam produksi aktual. Hal ini disebabkan oleh tiga faktor utama yang dihadapi oleh PLTMH, yaitu:

1. Faktor alam, seperti banjir atau meluapnya air yang terjadi selama satu bulan. Ketika hal ini terjadi, sampah dan kotoran dapat menyumbat pipa pesat (*penstock*).
2. Kerusakan peralatan, yang meliputi:
  - a. Kerusakan pada Intake 1 selama 14 jam.
  - b. Kerusakan pada Intake 2 selama 133 jam.
  - c. Kerusakan pada Turbin 1 selama 589 jam.
  - d. Kerusakan pada Turbin 2 selama 397 jam.
  - e. Kerusakan pada generator selama 12 jam.
  - f. Kerusakan pada generator selama 94 jam.
  - g. Kerusakan pada panel kontrol 1 selama 2.428 jam.
  - h. Kerusakan pada panel kontrol 2 selama 600 jam.
  - i. Kerusakan pada jaringan transmisi selama 37 jam.
  - j. Kerusakan pada jaringan transmisi selama 49 jam.
3. Kemampuan personel yang masih kurang dalam menangani kerusakan pada panel kontrol PLTMH, turbin, generator, dan jaringan transmisi.

Langkah perbaikan untuk meningkatkan produksi *kWh* mencakup penambahan jam produksi dengan mengurangi jam perawatan dari 24 jam pada tahun 2011 menjadi hanya 12 jam. Ini akan meningkatkan jam kerja dari 600 menjadi 672 jam dalam satu bulan. Langkah ini dianggap lebih baik karena tidak memerlukan biaya tambahan produksi di PLTMH. Saluran irigasi yang rusak saat banjir diperbaiki selama masa tidak beroperasi. PLTMH memiliki rata-rata debit air sebesar 1,42 m<sup>3</sup>/detik, sehingga diperlukan kolam tando dengan volume sebesar (53 m x 32 m x 3 m) = 5.000 m<sup>3</sup>. Kolam ini berfungsi sebagai cadangan air mengalir untuk PLTMH saat terjadi luapan. Banjir atau luapan terjadi selama satu bulan dalam setahun. Ini berarti aliran air PLTMH Wangan Aji tertunda selama 2 jam setiap hari, dan kolam tando berfungsi untuk mengurangi total waktu tidak beroperasi hingga 15 jam.



Gambar 5. Kegiatan Operasional

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan terhadap evaluasi operasional Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Wangan Aji, dapat disimpulkan bahwa: PLTMH Wangan Aji menghasilkan 770.400 kWh energi listrik dengan harga jual sebesar Rp 656/kWh, sehingga pendapatan dari penjualan listrik ke PT. PLN sebesar Rp 505.382.400 per tahun. Produksi kWh aktual hanya mencapai 486.180 kWh dengan harga jual yang sama, yaitu Rp 656/kWh. Hal ini berarti PLTMH Wangan Aji memperoleh pendapatan sebesar Rp 315.522.800 dan mengalami kehilangan produksi sebesar 284.220 kWh. Terdapat empat faktor yang memengaruhi penurunan produksi listrik di PLTMH Wangan Aji, yaitu: Banjir atau luapan air, Kerusakan pada peralatan mekanik maupun elektrik, Pemadaman listrik, dan Sumber daya manusia yang kurang kompeten dalam menangani kerusakan peralatan di PLTMH Wangan Aji.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir, 1996, *Pembangkit Tenaga Listrik*, UI-Press, Jakarta.
- Anonimus, 2006, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Ponpes Roudlotuth Tholibin*. Jawa. Mojotengah, Wonosobo.
- Billinton, Roy, & Allan, Ronald N, 1996, *Reliability Evaluation of Power System*, Plenum Press, New York.
- Ginting, Tenang Ebenezer, 2007, *Perhitungan Susut Distribusi Berdasar Profil Beban*, Tesis Teknik Elektro UGM
- I Nyoman Pujawan, *Ekonomi Teknik*, 1996, Guna Widya, Jakarta Kondiate, Robert, *Analisis Ekonomi Teknik* 1997.
- Peraturan Menteri ESDM, Nomor 09 Tahun 2009, *Ketentuan Pelaksanaan Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT.Perusahaan Listrik Negara*
- Peraturan Menteri ESDM, Nomor 02 2012, *Petunjuk Tennis Penggunaan Dana Alokasi khusus Bidang Listrik Perdesaan Tahun Anggaran 2012*
- Purwoto, 2008, *Analisis Finansial Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Mikrohidro Di Berapa Lokasi, Propinsi Jawa Tengah*. Balai Penelitian Kehutanan Solo
- Rayo, Anthon Jontah, 2009, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Sungai Lokotua*. Tesis Teknik Elektro ITS.
- Map, 2011. <https://maps.app.goo.gl/xxVpTMu9LUqYTnj1A>