

EVALUASI PENGOPERASIAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI WANGAN AJI KABUPATEN WONOSOBO

Heru Nugroho^a, Sunaryo^b

^aProgram Studi Teknik Elektronika Universitas Sains Al-Qur'an (UNSIQ) Wonosobo

^bProgram Studi Teknik Manufaktur Universitas Sains Al-Qur'an (UNSIQ) Wonosobo

^aEmail: suheru.st@gmail.com

^bEmail: sunaryo@fastikom-unsiq.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima : 25 Maret 2014

Disetujui : 25 April 2014

Kata Kunci:

evaluasi, pembangkit listrik, mikrohidro

ABSTRAK

Keberhasilan dan keberlanjutan usaha pembangunan mikrohidro sangat ditentukan dari tenaga pengelola, terutama tenaga operator dan administrasi yang langsung bersinggungan dengan lapangan kerja. Banyak mikrohidro yang sudah dibangun pemerintah daerah tetapi tidak diimbangi pengelolaan yang baik sehingga dalam jangka yang relatif pendek tidak beroperasi lagi. Agar mikrohidro dapat berjalan dengan baik dan stabil maka perlu dilakukan evaluasi hasil energi listrik setiap tahun

Dalam satu tahun PLTMH Wangan Aji menghasilkan energi listrik 770.400 kWh dengan harga Rp 656 tiap kWh maka penerimaan dari penjualan energi listrik ke PLN sebesar Rp 505.382.400 dalam satu tahun, namun hasil di lapangan baru mencapai baru mencapai 486.180 kWh dengan harga Rp 656 maka pendapatan PLTMH Wangan Aji sebesar Rp 315.522.80 maka kerugian produksi mikrohidro 284.220 kWh Ada tiga faktor yang mempengaruhi penurunan produksi energi listrik mikrohidro Wangan Aji yaitu, faktor alam yang terjadi karena banjir, faktor kerusakan kerusakan peralatan mekanis dan listrik, faktor sumber daya manusia yang belum mahir. Agar pada tahun yang akan datang PLTMH Wangan Aji mendapatkan hasil maksimal dan stabil maka perlu dilakukan peningkatan jam produksi, pembuatan bak penenang agar saat banjir tetap dapat beroperasi dan meningkatkan kemampuan operator mengoperasikan dan memperbaiki kerusakan mikrohidro

ARTICLE INFO

Article History

Received : March 25, 2014

Accepted : April 25, 2014

Key Words :

evaluation, power generation, micro-hydro

ABSTRACT

The success and sustainability of development effort is determined from the micro-hydro power manager, especially operators and administrative personnel that directly intersect with employment. Many micro local governments that have been built but not offset so that the proper management in a relatively short period of no longer operating. So that micro can run well and stable it is necessary to evaluate the results of electrical energy each year

Within one year of Wangan Aji MHP produce 770 400 kWh of electrical energy at a price of Rp 656 per kWh, the receipts from the sale of electricity to PLN at Rp 505 382 400 in one year, but the results on the field reached 486 180 kWh with a price of USD 656, the income Wangan Aji MHP Rp 315.522.80 the micro production losses 284 220 kWh There are three factors that influence the decrease in the production of micro-hydro energy Wangan Aji ie, natural factors that occur due to flooding, damage factors damage electrical and mechanical equipment, the human factor is not proficient . In order for the coming year Wangan Aji MHP get the most stable and it is necessary to increase hours of production, manufacture sedative tub so that when floods are expected to operate and improve the operator's ability to operate and refining the micro damage

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Wangan Aji dibangun tahun 2006 dalam rangka mempromosikan pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan saluran irigasi sungai Wangan Aji dan dikoneksikan ke sistem jaringan tegangan menengah PLN.

Pembangunan mikrohidro bertujuan untuk memperbaiki daya listrik PLN dalam melayani kebutuhan listrik konsumen yang terus meningkat setiap tahun. Pemrakarsa pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Wangan Aji adalah Koperasi Energi Indonesia (*KOPENINDO*) dengan bantuan dana bergulir dari *Asian Development Bank (ADB)*.

Merujuk Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 31 Tahun 2009 tentang harga pembelian listrik oleh PT PLN (Persero) dari pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi terbarukan skala kecil dan menengah atau kelebihan tenaga listrik. Peraturan tersebut memberikan kesempatan pada pihak (Swasta dan BUMD) membangun mikrohidro sebagai basis usaha dengan menjual energi listriknya kepada PT PLN (*on gred*) dengan harga yang layak, tidak memerlukan negosiasi dengan PT PLN (Persero) serta tidak perlu izin Menteri. Kebijakan pemerintah ini diharapkan para pengembang yang tertarik untuk membangun mikrohidro.

Mikrohidro Wangan Aji dirancang untuk menghasilkan daya sebesar 140 kW, dengan pola operasi pembangkit selama 24 jam sehari, kemudian seluruh hasil produksi energi listrik dimasukkan ke jaringan tegangan menengah PLN dan dijual dengan harga Rp 656 setiap kWh.

PLTMH Wangan Aji selalu merencanakan sistem operasinya untuk mendapatkan produksi listrik yang maksimal sesuai target, namun disetiap pembangkit pada umumnya akan mengalami banyak kendala yang menghambat proses produksi sehingga terjadi penurunan hasil produksi. Mengingat betapa pentingnya proses keberlanjutan produksi PLTMH dimasa yang akan datang maka perlu penanganan yang baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PLTMH merupakan suatu sistem pembangkit listrik dengan menggunakan sumber energi dari tenaga air untuk menggerakkan turbin dan generator. Turbin berperan mengubah energi potensial tekanan air dan *energi kinetik* menjadi *energi mekanik* dalam bentuk putaran poros. Putaran poros kemudian diubah oleh generator menjadi energi listrik kemudian didistribusikan kepada pelanggan melalui jaringan transmisi listrik.

Ada beberapa jenis turbin air yang digunakan dalam pemanfaatan PLTMH yang disesuaikan dengan besarnya debit air dan tinggi jatuh. Turbin yang paling banyak digunakan untuk PLTMH di Indonesia adalah:

1. *Turbin Crossflow* : cocok untuk *aplikasi* tinggi jatuh *medium* 10-100 meter, daya 1 kW- 250 kW
2. *Tubin propeler (open flume)* : cocok untuk tinggi jatuh rendah 1-10 meter dengan debit air yang besar dan kecepatan putaran mencapai 310 – 1000 rpm
3. *Turbin Pelton* : cocok untuk tinggi jatuh yang lebih tinggi dari 80 meter dengan kecepatan *Turbin Pelton (impuls)* : 12 – 70 rpm
4. *Turbin Francis* : cocok untuk aplikasi jatuh tinggi jatuh lebih 8 – 300 dengan kapasitas debit air 0,3 hingga 20 (m³/detik) meter untuk menghasilkan daya sebesar 500kW – 5000 kW dengan kecepatan *Turbin Francis* : 80 – 420 rpm

Generator merupakan komponen yang berfungsi mengubah energi mekaik putaran turbin menjadi daya listrik. Generator yang digunakan biasanya jenis arus bolak balik (*AC*) dengan frekuensi 50 *hz* pada putaran 1500 *rpm*. Daya listrik yang dihasilkan dapat berupa satu fasa dan tiga fasa dengan tegangan 220/380 volt. Generator diputar oleh turbin melalui kopel langsung atau melalui sabuk.

Kabel penghantar digunakan untuk mentransmisikan daya listrik yang dibangkitkan generator kepada konsumen dan untuk memperbaiki daya listrik PLN. Pada PLTMH transmisi listrik dilakukan dengan tegangan rendah (220/380). Kabel yang

digunakan untuk saluran transmisi biasanya adalah kabel jenis *twisted (NFA2X)* dengan diameter penghantar 70 mm² atau 50 mm² dan panjangnya sesuai dengan beban yang ditransmisikan

Teknik dari pembangkit listrik ini sangat sederhana, yaitu menggerakkan turbin dengan memanfaatkan tenaga air. Untuk bisa menggerakkan turbin ini, harus ada air yang mengalir deras karena perbedaan ketinggian. Jika di suatu daerah tidak ada air yang mengalir deras, maka dibuat jalur air buatan misalnya bendungan kecil yang berfungsi sebagai pembelok aliran air. Kemudian air yang mengalir deras akan sanggup menggerakkan turbin yang disambungkan ke generator, sehingga dihasilkan energi listrik dengan persamaan

$$P_{\text{turbin}} = \eta_{\text{turbin}} \times m \times g \times h \dots\dots\dots (1)$$

dengan

- P = Daya (J/s or watts)
- η = efisiensi turbin (%)
- g = percepatan gravitasi (9.81 m/s²)
- h = head (m)
- m = aliran rata-rata (m³/s)

Daya (listrik), yang dihasilkan oleh generator atau pusat pembangkitan adalah sebesar

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

$$P_{\text{bersih}} = \eta_{\text{jaringan}} \times P_{\text{generator}} \dots\dots\dots (3)$$

- dengan
- η_{turbin} = efisiensi turbin (%)
- $\eta_{\text{generator}}$ = efisiensi generator (%)
- η_{jaringan} = efisiensi turbin (%)
- m = debit aliran air (m³/detik)
- h = tinggi jatuh air (m)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan Data Penelitian

Penelitian dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Mikhrohdro Wangan Aji yang dikelola oleh Koperasi Pondok Pesantren Roudlotuth Tholibin Jawar, Mojotengah, Wonosobo Jawa Tengah pada kurun waktu Januari 2011 sampai dengan Mei 2012. Data-data yang dipakai dalam penyusunan laporan ini berupa :

1. Data Primer, yaitu data yang di dapat langsung dari sumber resminya yaitu

wawancara dengan *staff* lapangan, *staff* operator, dan data-data lainnya yang tercatat dan terdokumentasikan di lapangan.

2. Data Sekunder, yaitu data yang didapat dengan membaca literatur-literatur yang berkaitan dengan tema pembahasan
3. Materi penelitian studi kelayakan pembangunan PLTMH Wangan Aji oleh koperasi KOPENINDO

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras (*hardware*) :

1. Komputer untuk membantu proses pengumpulan data kWh
2. Pengukuran debit air menggunakan *current meter* dan *conductivity meter*
3. *Multi meter* untuk menghitung tegangan dan arus generator yang dikoneksikan ke PLN
4. Peta *topografi*, baik digital maupun *hardcopy* (skala = 1 : 25,000)
5. Data pendukung dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Wonosobo.

3.3 Langkah-langkah Penelitian

Tahapan Penelitian dimulai dengan studi kepustakaan, dengan mengumpulkan dan mempelajari buku-buku atau literatur yang menjadi referensi, survei lapangan konsultasi dengan pembimbing, serta mencari sumber lain untuk memperoleh dan mendukung landasan teori agar menjadi lebih tepat dan akurat.

3.4 Variabel Penelitian

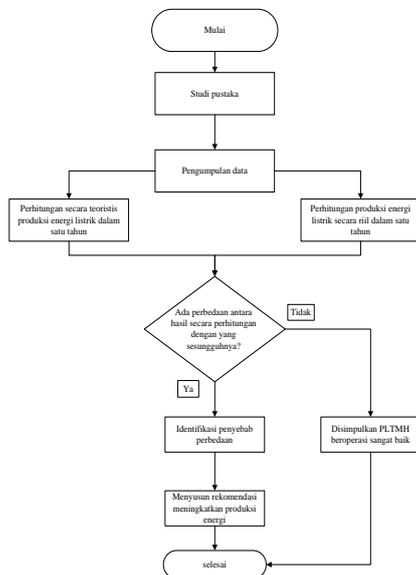
Variabel penelitian ini berupa, debit air yang menggerakkan turbin, energi listrik yang dihasilkan turbin, produksi energi listrik yang dihasilkan generator, efisiensi peralatan listrik dan mekanik, tegangan listrik generator, arus listrik

3.5 Analisis Penelitian

Analisis dilakukan untuk mendapatkan data penurunan produksi energi listrik yang dibangkitkan PLTMH Wangan Aji yang terkoneksi ke jaringan tegangan rendah PLN dengan cara :

1. Mencatat hasil kWh yang tercatat pada panel kontrol
2. Menganalisis perbandingan produksi yang tercatat di kWh meter dengan nilai energi listrik yang seharusnya dibangkitkan oleh PLTMH

3. Mengidentifikasi penyebab penurunan energi listrik yang dihasilkan
4. Menyusun rekomendasi mengatasi masalah kerusakan peralatan yang menghambat proses produksi



Gambar 1. Flowchart Langkah Penelitian

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

PLTMH Wangan Aji dibangun pada tahun 2006 yang digagas Koperasi Energi Indonesia (KOPENINDO) dengan bantuan bergulir dari Asian Development Bank (ADB), sedangkan pengelola mikrohidro adalah Perguruan Islam (Koperasi API) Pondok Pesantren Roudlotuth Tholibin. Mikrohidro Wangan Aji dibangun untuk mempromosikan pengembangan energi ramah lingkungan dan memperbaiki layanan energi listrik masyarakat. Profil mikrohidro dapat dilihat dari tabel 4.1

Tabel 1. Profil PLMH Wangan Aji

No	PLTMH Wangan Aji	Lokasi Dan Kondisi
1	Nama Desa	Enderan
2	Kecamatan	Ganung
3	Kabupaten	Wonosobo
4	Provinsi	Jawa Tengah
5	Negara	Indonesia
6	Nama PLTMH	PLTMH Wangan Aji
7	Dibangun Tahun	2007
8	Posisi Geografis	7° 21' S dan 109° 54' E
9	Kondisi Topografi	750 m diatas permukaan laut
10	Aksesibilitas ke desa PLTMH	Jarak lokasi ke Ibukota Kabupaten 7 km
11	Jarak PLTMH ke jaringan PLN terdekat	10 m

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

PLTMH Wangan Aji dirancang untuk menghasilkan daya sebesar 140 kW, dengan pola operasi pembangkit selama 24 jam setiap hari, sistem pemanfaatan *river* yang berasal dari saluran irigasi Wangan Aji.

Debit air yang digunakan 1,42 m³/detik, tinggi bersih 10,3 m, dengan panjang konstruksi sipil 230 m dari *intake – tailrace*, yang akan memproduksi listrik 901 MWh/tahun.

Tabel 2. Spesifikasi Turbin PLTMH Wangan Aji

Spesifikasi Generator	Generator 1	Generator 2
Manufaktur	Hitzinger 4C 06T	Hitzinger 4C 06T
Tipe	Sinkron	Sinkron
Daya Nominal	80 kVA	80 kVA
Tegangan Nominal	400 Volt	400 Volt
Arus Nominal	115 Ampere	115 Ampere
Kepcepatan Nominal	1000 rpm	1000 rpm
Frekuensi	50 Hz	50 Hz
Total Efisiensi Listrik Dan Mekanik	0,9	0,9
Efisiensi Listrik	0,77	0,77

Sumber : MHPP Wangan Aji

Tabel 3. Spesifikasi Generator PLTMH Wangan Aji

Spesifikasi Turbin	Turbin 1	Turbin 2
Desain Manufaktur	Propeller TPT 01-420	Hitzinger 4C 06T
Tinggi Bersih	10,3 m	10,3 m
Daya Turbin	65 kW	75 kW
Life Time	20 Tahun	20 Tahun
Kepcepatan Nominal	1000 rpm	1000 rpm
Frekuensi	50 Hz	50 Hz
Total Efisiensi Turbin	90%	90%
Debit Turbin	14,2 m ³ /sekon	14,2 m ³ /sekon

Sumber : MHPP Wangan Aji

$$\text{Daya output turbin} = \{ \text{daya terpasang} \times \text{effisiensi Turbin} \}$$

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

$$\text{Daya output generator} = \{ \text{daya out put turbin} \times \text{effisiensi generator} \}$$

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

$$\text{Daya output mikrohidro} = \{ \text{daya output generator} \times \text{effisiensi listrik} \}$$

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

Daya input turbin input turbin 2 sebesar 75 kW

Frekuensi 50 Hz

$$\text{Daya output turbin} = \{ \text{daya terpasang} \times \text{effisiensi Turbin} \}$$

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

$$\text{Daya output generator} = \{ \text{daya out put turbin} \times \text{effisiensi generator} \}$$

$$67,5 \times 90 \% = 60,75 \text{ kW}$$

$$\text{Daya output mikrohidro} = \{ \text{daya output generator} \times \text{effisiensi jaringan listrik} \}$$

$$60,75 \times 96 \% = 58,32 \text{ kW}$$



Gambar 2. Daya Bersih Kedua Turbin
Sumber : MHPP Wangan Aji

Daya listrik yang tercantum pada kontrol panel turbin1 sebesar 49,8 kW

Daya listrik yang tercantum pada kontrol panel turbin 2 sebesar 55,8 kW

Frekuensi 50 Hz

Tegangan Output 386 / 400Volt

Merujuk Peraturan Menteri Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2009 tentang harga pembelian tenaga listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditetapkan sebagai berikut:

Rp 656/ kWh x F, jika terinterkoneksi pada Tegangan Menengah :

Wilayah Jawa dan Bali, F = 1

Wilayah Sumatera dan Sulawesi, F = 1,2

Sehingga pendapatan secara perhitungan yang diperoleh PLTMH selama satu tahun

No	Bulan	Daya Turbin (kW)	Hasil Kerja Turbin		Jam Kerja Turbin		Produksi Mensal		Harga Jual (Rp)	Pendapatan (Rp)
			Turbin 1 (kWh)	Turbin 2 (kWh)	Jam	1%	Jam	1%		
1	Januari	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
2	Februari	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
3	Maret	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
4	April	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
5	Mei	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
6	Juni	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
7	Juli	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
8	Agustus	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
9	September	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
10	Oktober	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
11	November	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200
12	Desember	140	30	37	3000	3000	3000	3000	656	42.115.200

Data kWh yang diperoleh oleh PLTMH Wangan Aji yang sesungguhnya pada tahun 2011 sebesar

No	Bulan	Daya Turbin (kW)	Hasil Kerja Turbin		Jam Kerja Turbin		Hasil Produksi (kWh)		Harga Jual (Rp)	Produksi (Rp)
			Kontrol satu kW	Kontrol dua kW	Jam	Jam	1%	1%		
1	Januari	140	29,2	35,8	100	100	21,000	21,000	656	13.771.200
2	Februari	140	29,2	35,8	100	100	21.000	21.000	656	13.776.800
3	Maret	140	29,2	35,8	107	111	21.502	21.502	656	14.065.912
4	April	140	29,2	35,8	201	187	45.500	45.500	656	29.756.000
5	Mei	140	29,2	35,8	422	432	64.500	64.500	656	42.312.000
6	Juni	140	29,2	35,8	100	100	66.078	66.078	656	43.347.000
7	Juli	140	29,2	35,8	205	172	29.433	29.433	656	19.589.720
8	Agustus	140	29,2	35,8	412	412	58.900	58.900	656	38.638.400
9	September	140	29,2	35,8	112	112	1.800	1.800	656	1.180.800
10	Oktober	140	29,2	35,8	414	420	42.733	42.733	656	28.024.420
11	November	140	29,2	35,8	325	325	41.400	41.400	656	27.156.000
12	Desember	140	29,2	35,8	111	111	11.000	11.000	656	7.266.400
					3083	3.804	486.180	486.180	656	319.522.800

Analisa pengamatan tabel hasil produksi saat januari sebesar 22.140 kWh hasil tersebut terus mengalami peningkatan pendapatan hingga puncak produksi pada bulan juni mencapai 66.078 kWh, hasil itu kemudian turun pada bulan juli dan penurunan terendah pada pada bulan september 7.800 kWh

sedangkan rata-rata hasil produksi energi listrik 40.515kWh

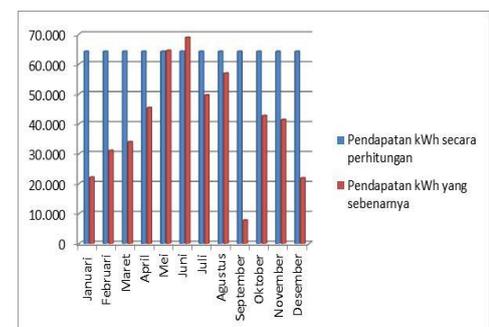


Gambar 3. Grafik Produksi Tahun 2011

Jumlah turbin yang ada di PLTMH Wangan Aji dua buah unit yang dapat membangkitkan energi listrik sebesar 140 kWh dengan efisiensi 80%. Analisa hasil produksi diperoleh dengan mengamati perubahan jam produksi dan hasil energi listrik PLTMH Wangan Aji setiap bulan kemudian membandingkan hasil yang seharusnya dicapai sehingga diperoleh kerugian hasil produksi, kendala yang dihadapi dan pendapatan

Tabel diatas menunjukkan bahwa daya turbin yang terpasang sebesar 140 kW dengan total jam kerja selama turbin1 dan turbin2 masing bekerja selama 7.200 jam akan memproduksi 770.400 kWh selama satu tahun.

Hasil yang terealisasi di lapangan turbin1 hanya bekerja selama 4.789 jam dan turbin 2 bekerja selama 3.775 jam dan memproduksi energi listrik sebesar 486.180 kWh selama satu tahun. Kerugian jam kerja yang dialami turbin 1 selama 2.411 jam dan kerugian jam kerja turbin 2 selama 3.425 jam dan kerugian hasil produksi energi listrik mencapai 284.220 kWh



Gambar 4. Analisis Perbandingan Hasil Produksi

Hasil produksi pada tahun 2011 terjadi karena jam produksi PLTMH tidak sesuai target hal ini disebabkan oleh tiga faktor utama yang dihadapi PLTMH yaitu :

1. Faktor sumber alam yang disebabkan karena banjir berlangsung selama satu bulan. Saat banjir PLTMH biasanya dimatikan karena membawa sampah dan lumpur yang dapat menyumbat pipa *penstock*
2. Faktor kerusakan peralatan karena kerusakan :
 - a. Kerusakan Intake 1 selama 14 jam
 - b. Kerusakan Intake 2 selama 133 jam
 - c. Kerusakan Turbin 1 selama 589 jam
 - d. Kerusakan Turbin 2 selama 397 jam
 - e. Kerusakan generator selama 12 jam
 - f. Kerusakan generator selama 94 jam
 - g. Kerusakan kontrol panel 1 selama 2428 jam
 - h. Kerusakan kontrol panel 2 selama 600 jam
 - i. Kerusakan jaringan transmisi selama 37 jam
 - j. Kerusakan jaringan transmisi selama 49 jam
3. Faktor sumber daya manusia belum menguasai penanganan kerusakan kontrol panel mikrohidro, kerusakan turbin, kerusakan generator, kerusakan jaringan transmisi.

Adapun langkah peningkatan yang diambil dalam peningkatan produksi kWh yaitu menambah jam produksi dengan mempersingkat waktu *maintenance* saat hari jum'at yang pada tahun 2011 selama 24 jam di percepat menjadi 12 saja, sehingga akan menambah jam kerja selama 600 jam menjadi 672 jam selama satu bulan. langkah ini sangat baik karena tidak memerlukan penambahan biaya produksi yang ditanggung PLTMH.

Masa tak beroperasi PLTMH Wangan Aji karena banjir dilakukan memperbaiki saluran irigasi. PLTMH wangan aji memiliki debit rata-rata sebesar 1,42 m³/sekon sehingga perlu membuat bak penenang dengan ukuran volume (53 m X 32 m X 3 m) = 5000 m³/sekon. Bak tersebut berfungsi mengganti pasokan air penggerak mikrohidro saat terjadi banjir. Banjir terjadi selama sebulan dalam

satu tahun berarti setiap hari PLTMH Wangan Aji terhambat selama 2 jam setiap hari, sedangkan dengan pembuatan bak tersebut akan mengurangi total masa tak beroperasi selama 15 jam.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan tentang "Evaluasi Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Wangan Aji" dapat disimpulkan :

1. Secara perhitungan PLTMH Wangan Aji dapat menghasilkan energi listrik 770.400 kWh dengan harga Rp 656 tiap kWh penerimaan dari penjualan energi listrik ke PLN sebesar Rp 505.382.400 selama satu tahun
2. Produksi kWh yang sesungguhnya diperoleh baru mencapai 486.180 kWh dengan harga Rp 656 maka pendapatan PLTMH Wangan Aji sebesar Rp 315.522.80 maka kerugian produksi mikrohidro 284.220 kWh
3. Ada empat faktor yang mempengaruhi penurunan produksi energi listrik mikrohidro Wangan Aji yaitu:
 - a. Faktor alam yang terjadi karena banjir
 - b. Faktor kerusakan kerusakan peralatan mekanis dan listrik
 - c. Faktor listrik padam
 - d. Faktor sumber daya manusia yang belum mahir menangani kerusakan peralatan PLTMH Wangan Aji

5.2 Saran

Agar PLTMH memperoleh kenaikan produksi energi listrik ditahun mendatang maka perlu memperhatikan:

1. Pelestarian lingkungan semua kalangan warga masyarakat
2. Larangan penebangan hutan
3. Menjaga kebersihan lingkungan sungai Wangan Aji
4. Peningkatan skill operator

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir, 1996, *Pembangkit Tenaga Listrik*, UI-Press, Jakarta.
- Anonimus, 2006, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Ponpes Roudlotuth Tholibin*. Jawar. 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, 1996, *Ekonomi Teknik*, Guna Widya, Jakarta
- 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 Tenis 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