

# ANALISIS EFISIENSI DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO MENGGUNAKAN HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan)

Siti Suci Murni<sup>1</sup>, Agus Suryanto<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang<sup>1,2</sup>

sucimurni23@students.mail.unnes.ac.id<sup>1</sup>, agusku2@mail.unnes.ac.id<sup>2</sup>

**Abstract** – *Microhydro Power Plant (MPP) is a power plant that uses water as a medium to drive turbines and generators. The power generated by PLTMH depends on the flow of river water that flows through PLTMH Parakandowo. In the dry season, the water discharge fluctuates so that the efficiency of the MPP has decreased. The research was conducted to analyze the Power Efficiency of MPP Parakandowo. The research method used in this research is non-experimental quantitative using descriptive methods in Parakandowo Hamlet, Sidomulyo Village, Lebakbarang District, Pekalongan Regency. This study provides an overview of the decrease in the power efficiency of PLTMH Parakandowo in the dry season. The results of this study are the efficiency value of PLTMH Parakandowo of 65.33% which indicates inefficiency, due to the effect of decreasing water discharge. The long-term solution is to connect MPP with PLN. Homer software can simulate a grid-connected MPP with PLN. The simulation results of Homer software hybridize PLTMH with PLN, namely the energy that can be produced is 122,593 kW / year.*

**Keywords** : *MPP,efficiency,homer,grid-connected*

**Intisari** – Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah pembangkit listrik yang menggunakan air sebagai media untuk menggerakkan turbin dan generator. Daya yang dihasilkan oleh PLTMH bergantung dengan debit air sungai yang mengalir PLTMH Parakandowo. Pada musim kemarau debit air mengalami fluktuasi sehingga Efisiensi PLTMH mengalami penurunan. Penelitian dilakukan guna menganalisis Efisiensi Daya PLTMH Parakandowo. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif non-eksperimental dengan menggunakan metode deskriptif di Dusun Parakandowo Desa Sidomulyo Kecamatan Lebakbarang Kabupaten Pekalongan. Penelitian ini memberikan gambaran mengenai penurunan efisiensi daya PLTMH Parakandowo pada musim kemarau. Hasil penelitian ini adalah nilai efisiensi PLTMH Parakandowo sebesar 65,33% yang menunjukkan ketidakefisienan, karena pengaruh debit air yang menurun. Solusi jangka panjang yaitu menyambungkan ke dalam sistem grid PLTMH dengan PLN menggunakan *software* Homer. Hasil simulasi *software* Homer menyambungkan PLTMH dengan PLN yaitu energi yang dapat diproduksi sebesar 122.593 kW/tahun.

**Kata kunci** : *PLTMH, efisiensi, homer, grid-connected*

## I. PENDAHULUAN

Keberadaan listrik sangat membantu kehidupan manusia dan membuat kebutuhan listrik semakin meningkat dari waktu ke waktu. Permasalahannya saat ini adalah terbatasnya cakupan pelayanan infrastruktur dan rendahnya akses listrik masyarakat serta struktur energi primer untuk pembangkit listrik masih bersumber kepada sumber energi fosil (batu bara, minyak bakar, gas, dll). Dalam mempercepat pembangunan infrastruktur khususnya untuk mendukung usaha pembangkitan tenaga listrik yang baru, memiliki keterbatasan dan beberapa permasalahan. Perlu dilakukan usaha pemanfaatan sumber energi non-fosil, khususnya yang memanfaatkan sumber energi primer lokal. Salah satu sumber daya energi yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit tenaga listrik adalah tenaga air skala kecil. PLTMH sebagai energi alternatif diharapkan manfaatnya lebih besar lagi dan bisa atas minimnya pengetahuan masyarakat desa terhadap PLTMH dan dapat dikembangkan sebagai sumber energi listrik dari air [1].

Sampai dengan September 2018 Rasio Elektrifikasi (RE) mencapai 98,43% atau masih terdapat 138.130 kepala keluarga (KK) belum berlistrik dari total 9.305.957 kepala keluarga di Jawa Tengah, sebagian besar berada pada daerah terpencil dan merupakan masyarakat miskin [2]. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan listrik pedesaan di daerah terpencil adalah dengan memanfaatkan aliran sungai, melalui Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Dinas ESDM Provinsi

Jawa Tengah pada tahun 2018 melalui dana APBD Provinsi Jawa Tengah telah melaksanakan kegiatan Pembangunan PLTMH di Dusun Parakandowo Desa Sidomulyo Kecamatan Lebakbarang dengan kapasitas terpasang sebesar 20 Kw untuk mengaliri listrik masyarakat 40 konsumen satuan sambungan. Bantuan tersebut akibat Dusun Parakandowo belum teraliri listrik oleh PT. PLN (Persero) [2].

Hasil daya yang dibangkitkan PLTMH, disinyalir sangat beresiko karena fluktuasi sumber energi primer air, keberadaannya sangat bergantung musim [3]. Debit air PLTMH bergantung dengan musim, apabila musim kemarau debit air PLTMH Parakandowo mengalami penurunan.

Penelitian oleh Tom Labert pada tahun 2006 yang berjudul “Micropower System Modeling With Homer”. Penelitian tersebut membahas tentang Homer Pro yaitu sistem komputer yang dikembangkan oleh Amerika Serikat untuk membantu perancangan sistem tenaga mikro. Homer Pro tidak hanya merancang sistem pembangkit listrik, namun dapat memodelkan banyak desain berdasarkan keunggulan teknis dan ekonomi. Hasil penelitiannya yaitu Homer dapat memodelkan turbin hidro sebagai perangkat yang mengkonversi kekuatan air jatuh ke listrik AC atau DC, tanpa memodulasi *output* daya [4].

Penelitian oleh Sri Sukamta pada tahun 2018 yang berjudul “Studi Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Kedung Sipingit Desa Kayupuring Kecamatan Petungkriyono Kabupaten Pekalongan”. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran untuk

memperoleh debit air dan panjang *penstock*. Sebelum melakukan pengukuran debit air perlu dilakukan analisis data yaitu perhitungan luas penampang dan perhitungan kecepatan air. Setelah itu, perhitungan PLTMH secara manual. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa PLTMH di Desa Kayupuring sudah tidak efisien dalam kerjanya karena nilai efisiensi sebesar 54,4 % dengan debit air rata-rata sebesar 0,76 m<sup>3</sup>/detik rata-rata daya turbin sebesar 14,89 kW dan rata-rata daya generator sebesar 12,64 kW. Sedangkan jumlah konsumen PLTMH mencapai 80 dengan jumlah beban 14,96 Kw [5].

Homer merupakan suatu *software* yang kebanyakan digunakan untuk mendesain pembangkit listrik tenaga hybrid, sedangkan untuk Pembangkit Listrik *stand alone* sangat jarang dilakukan. Nantinya *software* Homer digunakan sebagai media perhitungan *output* daya PLTMH. Homer memiliki keunggulan dapat mengetahui hasil yang optimal dari konfigurasi sistem sehingga *output* daya yang dihasilkan merupakan *output* daya paling optimal [6].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti berinisiatif menggunakan *software* Homer sebagai *software* yang digunakan untuk mengukur *output* daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. Penelitian dengan judul “Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Homer”. Studi analisis ini diharapkan mampu meninjau kembali debit air Sungai Parakandowo, daya turbin, dan daya generator sehingga nantinya dapat mengetahui *output* daya yang didapatkan menggunakan *software* Homer. Dengan perhitungan kembali *output* daya maka bisa menentukan penurunan daya yang dihasilkan. Apabila telah diketahui *output* daya yang dihasilkan maka bisa menentukan persentase efisiensi daya PLTMH Parakandowo.

Persentase efisiensi daya PLTMH biasanya menurun apabila musim kemarau sehingga solusi yang tepat yaitu dengan menyambungkan ke dalam sistem grid PLTMH Parakandowo dengan PLN. *Software* Homer dapat mensimulasikan PLTMH *grid-connected* dengan PLN.

Setelah adanya penelitian ini peneliti mengharapkan agar pengelola dapat meningkatkan pengelolaan PLTMH Parakandowo agar semakin optimal baik dari segi elektrikal maupun mekanikal.

## II. METODE

### 2.1 Desain Penelitian

Desain penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian kuantitatif non-eksperimental dengan menggunakan metode deskriptif. Penelitian kuantitatif non eksperimen yaitu penelitian yang dilakukan dengan menggunakan pengolahan angka-angka, pengolahan statistik, struktur, percobaan terkontrol tanpa menggunakan *threatment-threatment* tertentu. Penelitian deskriptif adalah studi untuk menemukan fakta dengan interpretasi yang tepat [7].

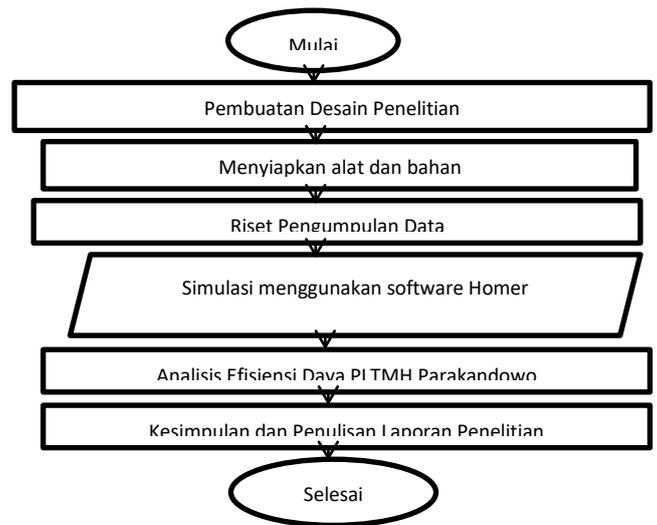
Gambar 1. merupakan tahap-tahap atau alur yang digunakan dalam penelitian ini.

### 2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Laptop Lenovo G-40 32 bit

Laptop Lenovo G-40 32 bit merupakan perangkat *hardware* yang digunakan untuk memasang *software* Homer ke dalam laptop



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2. *Software* Homer 3.11.12

*Software* Homer 3.11.12 adalah suatu perangkat lunak yang digunakan dalam perhitungan *output* daya turbin PLTMH Parakandowo.

### 3. *Software* Microsoft Excell 2010

*Software* Microsoft Excell adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk membuat grafik, menghitung, dll

### 4. *Stopwatch*

*Stopwatch* adalah alat yang digunakan untuk menghitung waktu kecepatan air yang mengalir di PLTMH Parakandowo.

### 5. Meteran

Meteran adalah alat yang digunakan untuk mengukur kedalaman air, lebar *headrace* dan panjang *headrace*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data Laboratorium Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah

Data yang digunakan berupa *datasheet* generator dan turbin yang digunakan PLTMH Parakandowo.

2. Hasil simulasi *software* Homer

Hasil simulasi *software* Homer yaitu *output* daya yang dihasilkan baik sistem *stand alone* maupun *grid-connected*.

### 2.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan data yaitu cara-cara yang dapat digunakan untuk mengumpulkan data. Adapun teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu studi *literature*, observasi, pengukuran dan studi dokumentasi.

### 2.4 Teknik Analisa Data

1. Debit air

Dalam pengukuran debit air, dibutuhkan beberapa aspek perhitungan diantaranya:

1. Perhitungan Luas Penampang

Perhitungan luas penampang (A) merupakan perkalian dari lebar rata-rata saluran air (L) dengan kedalaman

rata-rata (H) saluran air. Berikut persamaan dari luas penampang (A)

$$A = L \times H \tag{1}$$

Keterangan:

A= Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

L= Lebar rata-rata (m)

H= kedalaman rata-rata (m) [5].

2. Perhitungan Kecepatan aliran

Perhitungan kecepatan merupakan pembagian antara panjang saluran/aliran (P) dibagi dengan waktu rata-rata (T). Berikut merupakan persamaan dari perhitungan kecepatan:

$$V = \frac{P}{T \text{ rata-rata}} \tag{2}$$

Keterangan:

V = kecepatan (m/s)

P = Panjang saluran (m)

T<sub>rata-rata</sub>=Waktu rata-rata (s)

Perhitungan kecepatan dalam penelitian ini menggunakan metode apung, yaitu metode dengan memanfaatkan benda yang ringan (mudah terapung) untuk dihanyutkan dibagian sungai yang lurus untuk mengetahui kecepatan rata-rata aliran. Alat yang digunakan saat melakukan pengukuran, yaitu:

- a. Bola pingpong atau bisa diganti dengan benda lain yang ringan (gabus, kayu kering, dll)
- b. Stopwatch atau alat ukur waktu yang lain
- c. Alat ukur panjang (meteran)

Debit air (Q) merupakan hasil dari perkalian dari luas penampang (A) dengan kecepatan aliran rata-rata (V).

$$Q = A \times V \tag{3}$$

Keterangan:

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

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

V= Kecepatan aliran (m/detik)

2. Pengukuran Potensi Daya

Daya *output* maksimal yaitu daya yang dihasilkan generator, daya ini bisa dihitung secara manual dengan mengalikan hasil perhitungan simulasi *software* (daya turbin) dengan efisiensi generator.

$$P_{mh} (1) = \text{Daya simulasi homer} \times \eta_g \tag{4}$$

Daya *input* maksimal yaitu daya input maksimal yang didapatkan. Daya *input* maksimal dapat diketahui dengan melihat dari *datasheet* generator MJL 160 MA4. Generator MJL 160 MA4 pada Rating Power 28 KVA frekuensi 50 Hz memiliki input sebesar 22,4 kW.

3. Simulasi Homer

Data-data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis dengan *software* Homer agar mempermudah proses analisis efisiensi daya karena hasil analisis akurat dan sesuai dengan teori analisis yang sudah ada.

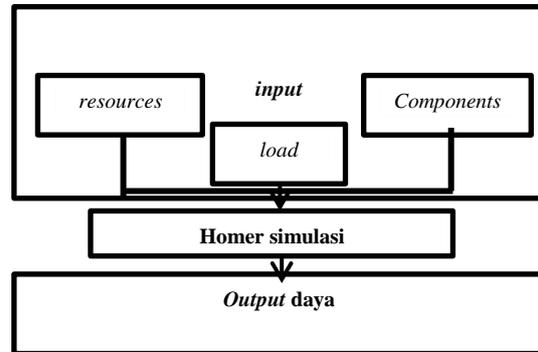
4. Efisiensi Daya PLTMH Parakandowo

Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah berapa persentase kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Dusun Parakandowo Desa Sidomulyo Kecamatan Lebakbarang.

Efisiensi Daya PLTMH yaitu:

$$Eff = \frac{P \text{ output maksimal}}{P \text{ input yang dibangkitkan}} \times 100\% \tag{5}$$

Pada Gambar 2. menjelaskan alur penggunaan *software* homer yaitu dengan memasukkan input berupa *resources*, *load* dan *components*. Setelah itu *software* homer dapat disimulasikan. *Output software* homer yang peneliti tampilkan pada penelitian ini berupa *output* daya dan skematik konfigurasi sistem.



Gambar 2. Alur *software* Homer

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Perhitungan Luas Penampang

Perhitungan debit air dapat diperoleh dari perkalian antara luas penampang dan kecepatan laju air. Perhitungan luas penampang yaitu perhitungan dengan mengukur lebar dan kedalaman pada saluran pembawa. Kedalaman saluran pembawa dilakukan pengukuran di 3 bagian yaitu sisi kiri, tengah dan kanan. Sisi kiri sebagai titik 1, sisi tengah sebagai titik 2 dan sisi kanan sebagai titik 3.

Tabel 1. Luas Penampang

Titik	Lebar	Kedalaman	Hari		
			Perta	Kedua	Ketiga
1	0,8	Pukul 08.00	0,35	0,37	0,35
		Pukul 12.00	0,45	0,35	0,35
		Pukul 16.00	0,36	0,35	0,36
		Rata-rata	0,387	0,357	0,353
2	0,8	Pukul 08.00	0,44	0,43	0,35
		Pukul 12.00	0,47	0,43	0,35
		Pukul 16.00	0,45	0,44	0,36
		Rata-rata	0,453	0,433	0,353
3	0,8	Pukul 08.00	0,35	0,38	0,35
		Pukul 12.00	0,38	0,36	0,35
		Pukul 16.00	0,36	0,35	0,36
		Rata-rata	0,363	0,363	0,353
Total rata-rata			0,401	0,384	0,353
Luas Penampang(m2)			0,321	0,308	0,283

3.1.2 Perhitungan Kecepatan Laju Air

Perhitungan kecepatan laju air, yaitu pembagian antara panjang saluran dengan waktu aliran air. Pada tabel 2. Menunjukkan hasil kecepatan laju aliran air pada hari pertama hingga hari ketiga nilai tidak tetap. Hari pertama kecepatan laju airnya yaitu 1,43 m/s, hari kedua sebesar 1,408 m/s dan hari ketiga sebesar 1,405 m/s.

Tabel 2. Kecepatan Laju Air

Panjang Saluran (m)	Waktu Pengukuran (WIB)	Hari		
		Pertama	Kedua	Ketiga
70	Pukul 08.00	45	47,8	46,5
		48	48	42
		45	47,4	45,6

2.5 Alur *Software* Homer

rata-rata	46	47,733	44,700
	55	50,7	50,8
Pukul 12.00	56	51,2	51,1
	55	50,5	50,7
rata-rata	55,333	50,800	50,867
	45	50,5	53,7
Pukul 16.00	45,5	50,8	54
	45	50,4	53,8
rata-rata	45,167	50,567	53,833
Total rata-rata	48,833	49,7	49,8
Kecepatan laju air(m/s)	1,433	1,408	1,406

3.2 Pembahasan

3.2.1 Debit Air

Data debit air ditunjukkan pada tabel 3. Rata-rata nilai debit air hari ke satu sebesar 0,460 m<sup>3</sup>/s, hari kedua sebesar 0,434 m<sup>3</sup>/s dan hari ketiga sebesar 0,398 m<sup>3</sup>/s.

Tabel 3. Debit Air

Hari	Luas		Debit air (m <sup>3</sup> /s)
	Penampang (m <sup>2</sup> )	Kecepatan Laju air (m/s)	
Pertama	0,321	1,433	0,460
Kedua	0,308	1,408	0,434
Ketiga	0,283	1,406	0,398
	rata-rata		0,431

3.2.2 Pengukuran Potensi Daya

Daya *output* maksimal yaitu daya yang dihasilkan generator, daya ini bisa dihitung secara manual dengan mengalikan hasil perhitungan simulasi *software* (daya turbin) dengan efisiensi generator.

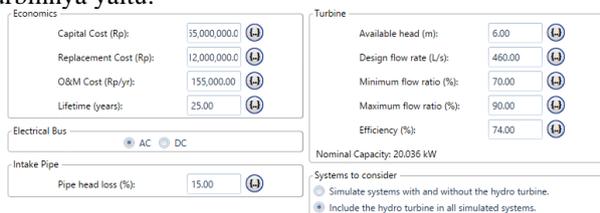
$$P_{mh} (I) = \text{Daya simulasi homer} \times \eta_g$$

Daya *input* maksimal yaitu daya *input* maksimal yang didapatkan. Daya *input* maksimal dapat diketahui dengan melihat dari *datasheet* generator MJL 160 MA4. Generator MJL 160 MA4 pada Rating Power 28 KVA frekuensi 50 Hz memiliki *input* sebesar 22,4 kW.

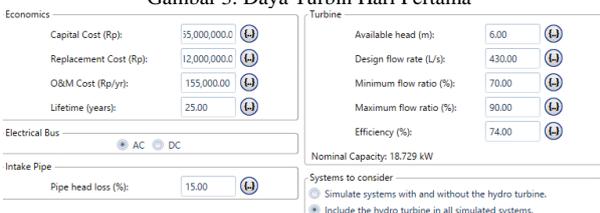
3.2.3 Simulasi *Software* Homer

*Software* Homer pada penelitian ini berperan sebagai media untuk menghitung daya turbin PLTMH agar dapat mengetahui daya PLTMH sekaligus mendesain PLTMH Parakandowo *grid-connected* dengan PLN.

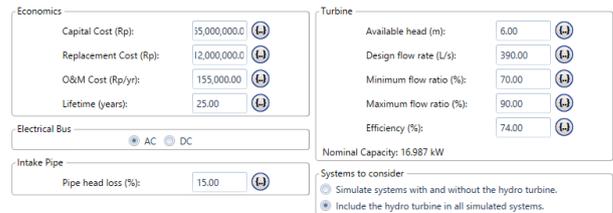
Hasil simulasi *software* Homer menunjukkan daya turbinnya yaitu:



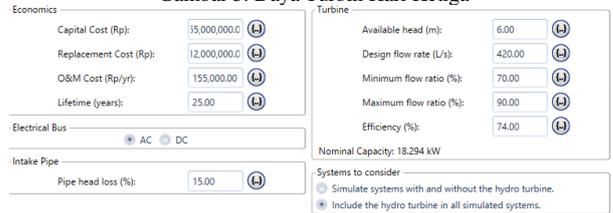
Gambar 3. Daya Turbin Hari Pertama



Gambar 4. Daya Turbin Hari Kedua



Gambar 5. Daya Turbin Hari Ketiga



Gambar 6. Daya Turbin rata-rata

Simulasi *software* Homer menghitung daya turbin PLTMH Parakandowo selama 3 hari berturut-turut, kemudian daya generator dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_{mh} = \text{Daya simulasi homer} \times \eta_g$$

Hitungan Hasil Simulasi Daya PLTMH Parakandowo:

Tabel 4. Perbandingan Daya Perhitungan dengan Simulasi

Hari	Daya Perhitungan	Daya simulasi
	Manual (kW)	Homer (kW)
1	16,012	16,028
2	15,107	14,991
3	13,854	13,589
Rata-rata	15,002	14,635

Pada tabel 4. menunjukkan daya perhitungan secara manual lebih besar dibandingkan dengan daya perhitungan simulasi *software* homer.

Hitungan *Output* daya PLTMH Parakandowo sesuai desain awal:

$$P_{mh} \text{ desain} = g \times Q \times H \times \eta_T \times \eta_g$$

$$= 9,8 \times 0,5 \times 6 \times 0,74 \times 0,80$$

$$= 17,404 \text{ kW}$$

$$\text{Penurunan daya PLTMH} = P_{mh} \text{ rata-rata} - P_{mh} \text{ desain}$$

$$= 2,769 \text{ Kw}$$

3.2.4 Efisiensi Daya PLTMH

Pada perhitungan efisiensi daya nantinya akan diketahui seberapa efisien PLTMH di Desa Sidomulyo Kecamatan Lebakbarang Kabupaten Pekalongan. Nilai efisiensi dipengaruhi nilai variabel yaitu debit air, efisiensi turbin dan efisiensi generator. Semakin besar debit air maka efisiensi PLTMH semakin baik, begitu sebaliknya semakin kecil debit air (musim kemarau) maka efisiensi semakin turun.

Efisiensi Daya PLTMH yaitu:

$$Eff = \frac{P \text{ output maksimal}}{P \text{ input yang dibangkitkan}} \times 100 \%$$

Keterangan:

$$Eff = \text{Efisiensi PLTMH} (\%)$$

$$P_{out} \text{ maksimal} = \text{daya generator}$$

$$P_{input} \text{ yang dibangkitkan} = \text{datasheet generator [5].}$$

Pada tabel 5. menunjukkan efisiensi daya PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan. Pada hari pertama efisiensi sebesar 71,55%, hari kedua sebesar 66,92%, hari ketiga menunjukkan efisiensi sebesar 60,66% dan rata-rata selama tiga kali pengukuran yaitu sebesar 65,33%. Nilai rata-rata efisiensi PLTMH Parakandowo sebesar 65,33% sehingga menunjukkan ketidakefisienan karena PLTMH

dikatakan efisien apabila persentasenya sebesar 70-90% [9].

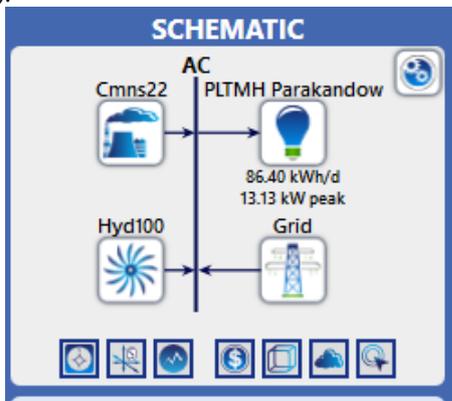
Tabel 5. Efisiensi Daya PLTMH Parakandowo

No	Daya Output (Kw)	Daya input terbangkitkan (kw)	Efisiensi (%)
1.	16,028	22,4	71,55
2.	14,991	22,4	66,92
3.	13,589	22,4	60,66
rata-rata	14,635	22,4	65,33

3.2.5 Solusi *Grid-Connected* PLTMH dengan PLN

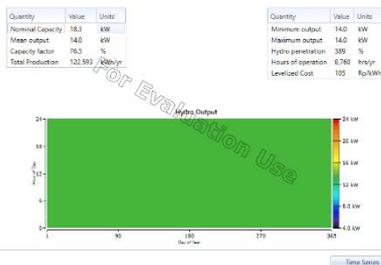
Debit air sungai Parakandowo mengalami penurunan ketika musim kemarau. Kendala tersebut dapat diminimisasi dengan dilakukan penggabungan penyaluran daya dengan PLN. Penggabungan energi listrik dengan PLN dimungkinkan, karena dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPL), memberi kesempatan pembangkit kapasitas kecil dan tersebar, untuk on grid dengan PLN [3].

Gambar 7. menunjukkan konfigurasi sistem *grid-connected* PLTMH Parakandowo dengan PT. PLN (Persero).



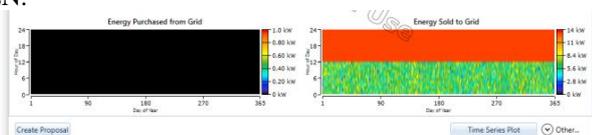
Gambar 7. Konfigurasi Sistem *Grid-Connected*

Gambar 8. menunjukkan hasil perhitungan *software* homer yaitu nilai kapasitas daya yang didapatkan yaitu 18.3 kW, nilai daya rata-rata yaitu 14,0 kW, Faktor kapasitas sebesar 76,5 % dan total Produksi energi selama satu tahun yaitu 122.593 kW



Gambar 8. Hasil Perhitungan *Software* Homer

Gambar 9. menunjukkan energi yang dapat dijual ke PLN.



Gambar 9. *Energy Sold to Grid*

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah diuraikan, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Debit rata-rata PLTMH Parakandowo sebesar 0,43 m<sup>3</sup>/detik.
2. *Output* daya hasil simulasi *software* lebih kecil dibandingkan dengan hitungan manual.
3. Nilai rata-rata efisiensi daya PLTMH Parakandowo sebesar 65,33% yang menunjukkan ketidakefisienan. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro memiliki efisiensi sebesar 70-90 % sehingga apabila PLTMH memiliki efisiensi kurang dari 70% maka PLTMH tersebut dikatakan tidak efisien.
4. PLTMH Parakandowo dapat didesain agar *grid-connected* dengan PLN.
5. Hasil simulasi *software* Homer menggridkan PLTMH dengan PLN yaitu energi yang dapat diproduksi sebesar 122.593 kW/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Akbar, T. A. (2018). Analisa Pengaruh Ketinggian dan Debit Air Terhadap Output Energi Listrik yang Dihasilkan pada Pembangkit Mikrohidro (PLTMH) Desa Girikerto. *Electric Engineering*, 1-29.

[2] Tengah, D. E. (2018). Profil Sektor ESDM di Jawa Tengah Tahun 2018. Semarang: Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral:Bagian Energi Baru Terbarukan

[3] Nugroho, A. (2015). Daya Terserap Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro Karangtalun yang Digabung dengan PT PLN (Persero) Rayon Boja Area Semarang. *ejournalundip*, 17(1).

[4] Labert, T. (2006). *Micropower Sistem Modelling with Homer*. Retrieved august monday, 2020, from Homer Energy: <https://www.homerenergy.com/documents/MicropowerSystemModelingWithHOMER.pdf>

[5] Sukamta, S., Ananta, H., & Aini, M. K. (2018). Studi Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Kedung Sipingit Desa Kayupuring Kecamatan Petungkriyono Kabupaten Pekalongan. *Edu Elektrikal Jurnal*, 7(1), 27-33.

[6] Kurniasih, N. (2015). Analisa Mode Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Microhydro-Photovoltaic Array Menggunakan Homer. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 4(1).

[7] Nazir, M. (2017). *Metode Penelitian*. Jakarta Timur: Ghalia Indonesia.

[8] Homer Energy (2017) *what data do you need to run Homer*, [online]

[9] Buku Sekolah Digital (2013) Buku Siswa SMK Konversi Energi, [online]