

STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO BUNGIN KABUPATEN ENREKANG

Aulia Rahmah¹, Dewi Triantini²

¹Universitas Negeri Makassar, Makassar

²Universitas Negeri Makassar, Makassar

Email : aulia.rahmah@unm.ac.id¹, dewi.triantini@unm.ac.id²

ABSTRAK

Dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia, kebutuhan energi listrik juga meningkat, menyebabkan kekurangan pasokan listrik di wilayah terpencil yang belum terjangkau jaringan PLN. Salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan ini adalah memanfaatkan air sebagai sumber daya untuk pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM). PLTM menggunakan debit air dan memastikan kesiapan operasi pembangkit untuk menghasilkan energi. Penelitian ini memanfaatkan data dari PLTM Bungin, termasuk tata letak, spesifikasi komponen, volume air bak penenang pada 2016, serta data energi yang dihasilkan, waktu gangguan, perawatan, dan waktu operasi. Data tersebut dikumpulkan melalui teknik dokumentasi dan dianalisis secara deskriptif. Pada 2016, PLTM Bungin menghasilkan energi sebesar 21.127.843 kWh dengan efisiensi 77,5%. Ketersediaan pembangkit mencapai 93,5% dengan ketidakterersediaan 5,46%. Keandalan PLTM ini dinilai sangat baik karena mampu mencapai angka ketersediaan hingga 93%.

Kata kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro, Keandalan Pembangkit, Efisiensi Pembangkit

1. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah kebutuhan dasar yang sangat penting dalam kehidupan manusia sehari-hari. Ketergantungan manusia terhadap energi listrik begitu besar sehingga ketika terjadi pemadaman, dampaknya langsung terasa, menunjukkan bahwa listrik merupakan elemen yang tidak terpisahkan dari kehidupan modern. Kebutuhan energi listrik terus meningkat pesat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi. Untuk mengatasi peningkatan permintaan ini, Perusahaan Listrik Negara (PLN) berupaya mengembangkan kapasitas pembangkit tenaga listrik, terutama di wilayah yang mengalami kekurangan pasokan. Salah satu strategi yang digunakan adalah memprioritaskan sumber energi lokal, khususnya energi terbarukan seperti air. Salah satu bentuk pemanfaatan energi air adalah Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM), yang menggunakan air sebagai sumber tenaga untuk menghasilkan listrik. Air yang digunakan harus memiliki aliran dan perbedaan ketinggian tertentu agar dapat dimanfaatkan secara optimal.

Prinsip kerja PLTM adalah tidak jauh berbeda dengan Pembangkit Listrik Tenaga Air yang memanfaatkan beda tinggi dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran atau sungai. Air yang mengalir melalui *intake* dan diteruskan oleh saluran pembawa hingga *penstock*, akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Turbin air akan memutar generator dan menghasilkan listrik. Skema PLTM ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema PLTM

Keandalan pembangkit yang ditinjau dari faktor-faktor pengoperasian unit pembangkit:

a. Faktor beban

Faktor beban adalah perbandingan antara besar beban rata – rata untuk suatu selang waktu (misalnya satu hari atau satu bulan) terhadap beban puncak tertinggi dalam selang waktu yang sama. Faktor beban terdiri dari faktor beban harian, mingguan, bulanan atau tahunan. Beban rata – rata untuk suatu selang waktu adalah jumlah produksi kWh dalam selang waktu tersebut dibagi dengan jumlah jam dari selang waktu tersebut, misalnya beban rata-rata adalah produksi kWh dalam satu hari (24 jam) maka dibagi 24 jam. Sedangkan beban puncak harian adalah beban tertinggi yang terjadi dalam 24 jam. Untuk menghitung faktor beban menggunakan persamaan 1.

$$\text{Faktor beban} = \frac{\text{Beban rata-rata}}{\text{Beban puncak}} \quad (1)$$

b. Faktor Pelayanan (*Service Factor, SF*)

Faktor pelayanan adalah perbandingan antara lamanya waktu pengoperasian (*top*) selama satu tahun (8760 jam) yang dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$SF = \frac{top}{8760} \quad (2)$$

c. Faktor Gangguan Keluar Perawatan (*Maintenance Outage Hours, MOF*)

Faktor gangguan keluar perawatan adalah perbandingan antara lamanya waktu perawatan (*tmn*) selama satu tahun (8760 jam), dihitung dengan persamaan berikut :

$$MOF = \frac{tmn}{8760} \quad (3)$$

Semakin rendah faktor gangguan keluar perawatan (0%), maka semakin baik keandalan unit pembangkit.

d. Faktor kapasitas (*Capacity Factor, CF*)

Faktor kapasitas sebuah unit pembangkit menggambarkan seberapa besar pemanfaatan unit pembangkit dalam satu tahun dari segi kemampuan produksi. Faktor kapasitas tahunan (8760 jam) didefinisikan sebagai:

$$CF = \frac{\text{Produksi energi dalam satu tahun}}{\text{daya terpasang} \times 8760} \quad (4)$$

Semakin tinggi faktor kapasitas (100%) maka semakin baik keandalan unit pembangkit. Faktor kapasitas yang rendah disebabkan karena unit pembangkit sering tidak siap operasi, tetapi bisa juga karena tidak begitu diperlukan dalam sistem, sehingga hanya sering menjadi unit cadangan walaupun dalam keadaan siap operasi.

e. Faktor penggunaan

Faktor penggunaan sebenarnya serupa dengan faktor kapasitas, tetapi disini menyangkut daya. Faktor penggunaan adalah perbandingan antara besarnya beban puncak terhadap daya yang terpasang dalam sistem.

$$\text{Faktor pengguna} = \frac{\text{Beban puncak}}{\text{daya terpasang}} \quad (5)$$

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi PLTM Bungin dalam memenuhi kebutuhan energi listrik konsumen, sekaligus mengevaluasi keandalan sistem terkait kinerja pembangkit. Tujuan utama dari penulisan skripsi ini adalah menilai kinerja komponen pembangkit energi listrik dalam meningkatkan efisiensi sistem serta menentukan tingkat keandalan PLTM Bungin berdasarkan ketersediaan energi yang mampu dihasilkan.

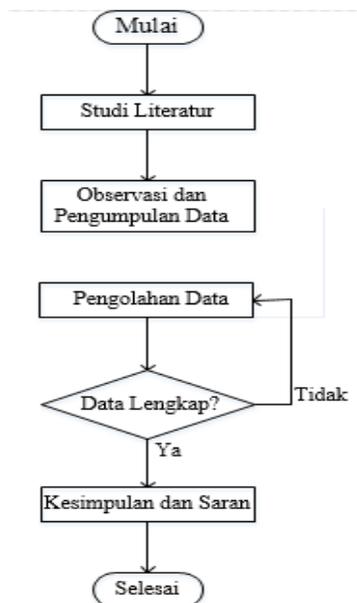
2. METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) 2 x 1500 KW Bungin, yang terletak di Kecamatan Bungin, Kabupaten Enrekang, Provinsi Sulawesi Selatan. Penelitian dan pengambilan data selama dua bulan yang dilakukan pada bulan Februari sampai dengan bulan Maret 2023.

2.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan peneliti mengikuti langkah-langkah yang terstruktur dan sistematis agar dalam mengevaluasi kinerja PLTM dapat dianalisis dengan baik dan benar. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alur Proses Penelitian

2.3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode, yaitu dengan studi literatur, observasi, wawancara hingga pengumpulan data secara langsung pada pembangkit.

2.4. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis deskriptif, yang bertujuan untuk menggambarkan dan menjelaskan data yang telah dikumpulkan sesuai dengan konteks penelitian. Langkah pertama adalah memastikan bahwa semua data yang diperlukan sudah terkumpul secara lengkap, akurat, dan relevan. Data tersebut kemudian diolah dan dihitung menggunakan rumus atau persamaan yang sesuai dengan parameter atau variabel yang dianalisis. Setelah proses perhitungan selesai, hasil analisis data tersebut akan dibahas secara mendalam pada bab pembahasan. Dalam tahap ini, hasil perhitungan dibandingkan dengan teori, standar, atau penelitian terdahulu untuk mendapatkan wawasan yang lebih komprehensif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembangkitan energi listrik di PLTM Bungin melibatkan beberapa komponen utama, seperti bendungan yang berfungsi sebagai titik awal dalam proses pembangkitan, sumber air untuk pembangkit, bangunan pengalih, saluran pembawa, bak penenang, pipa pesat, serta turbin dengan daya keluaran 1655 kW. Selain itu, terdapat generator dengan kapasitas 1523,52 kW, transformator, dan jaringan tegangan menengah yang mendukung proses distribusi energi.

3.1. Efisiensi yang dihasilkan PLTM Bungin

Nilai efisiensi pembangkit dihitung berdasarkan daya yang dihasilkan oleh generator dibandingkan dengan volume air pada bak penenang. Perhitungan daya ini mencakup output dari generator di Unit 1 dan Unit 2. Daya listrik yang dihasilkan oleh generator, yang digerakkan oleh turbin, dihitung menggunakan rumus tertentu (mengacu pada persamaan 2.1). Pada Tabel 1, ditunjukkan data mengenai kondisi air di bak penenang pada tahun 2016 beserta daya yang dihasilkan pada periode tersebut.

Tabel 1. Daya yang dihasilkan tahun 2016 (teori)

No	Bulan	Volume air	Debit (m ³ /s)	Daya (kW)
1	Januari	189,56	2,36	1562,73
2	Februari	504	5,6	3693,31
3	Maret	504	5,30	3498,92
4	April	504	5,04	3323,98
5	Mei	504	6,3	4154,97
6	Juni	504	5,6	3693,31
7	Juli	504	5,30	3498,92
8	Agustus	262,64	2,62	1732,16
9	September	130,76	1,63	1077,98
10	Oktober	504	5,6	3693,31

No	Bulan	Volume air	Debit (m ³ /s)	Daya (kW)
11	November	504	5,30	3498,92
12	Desember	504	5,04	3323,98
Jumlah		5118,96	55,69	36752,56

Daya yang dibangkitkan oleh PLTM Bungin tahun 2016 berdasarkan data nyata dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Daya yang dihasilkan tahun 2016 (nyata)

No	Bulan	Volume air	Daya (kW)
1	Januari	189,56	2170,96
2	Februari	504	3000
3	Maret	504	3000
4	April	504	3000
5	Mei	504	3000
6	Juni	504	3000
7	Juli	504	3000
8	Agustus	262,64	2630
9	September	130,76	3000
10	Oktober	504	2873,54
11	November	504	3000
12	Desember	504	2661,29
Jumlah		5118,96	34335,79

Berdasarkan hasil perhitungan daya, efisiensi yang dihasilkan oleh PLTM Bungin pada tahun 2016 dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi energi} = \frac{34335,79}{36752,56} \times 100 \% = 0,934 \times 100\% = 93,4 \%$$

Daya *output* pembangkit berdasarkan nilai output generator Unit 1 dan Unit 2 masing-masing adalah 1462,5792 kW dan 1462,5792 kW.

Total daya yang dapat dihasilkan PLTM Bungin secara teori adalah:

$$\begin{aligned} P_{\text{out Unit 1}} + P_{\text{out Unit 2}} \\ &= 1462,5792 \text{ kW} + 1462,5792 \text{ kW} \\ &= 2925,1584 \text{ kW} \\ &= 2,925 \text{ MW} \end{aligned}$$

Tabel 3 menyajikan data hasil produksi energi secara teoritis yang dihasilkan pada tahun 2016, sedangkan Tabel 4 menunjukkan hasil produksi aktual pada tahun yang sama. Berikut hasil produksi energi PLTM Bungin tahun 2016:



Tabel 3. Data daya *output* dan produksi energi tahun 2016 (teori)

No	Bulan	Daya Terpasang (kW)	Daya <i>Output</i> (kW)	Waktu Operasi (Jam)	Produksi Energi (kWh)
1	Januari	3.000	2.925	666	1.948.050
2	Februari	3.000	2.925	623	1.822.275
3	Maret	3.000	2.925	712	2.082.600
4	April	3.000	2.925	655	1.915.875
5	Mei	3.000	2.925	583	1.705.275
6	Juni	3.000	2.925	650	1.901.250
7	Juli	3.000	2.925	724	2.117.700
8	Agustus	3.000	2.925	727	2.126.475
9	September	3.000	2.925	710	2.076.750
10	Oktober	3.000	2.925	723	2.114.775
11	November	3.000	2.925	701	2.050.425
12	Desember	3.000	2.925	719	2.103.075
Jumlah			35.100	8.193	23.964.525

Tabel 4. Data daya *output* dan produksi energi tahun 2016 (real)

No.	Bulan	Daya Terpasang (kW)	Daya <i>Output</i> (kW)	Waktu Operasi (Jam)	Produksi Energi (kWh)
1	Januari	3.000	1.812	666	1.206.792
2	Februari	3.000	2.821	623	1.757.483
3	Maret	3.000	2.716	712	1.933.792
4	April	3.000	2.649	655	1.735.095
5	Mei	3.000	2.821	583	1.644.643
6	Juni	3.000	2.692	650	1.749.800
7	Juli	3.000	2.841	724	2.056.884
8	Agustus	3.000	2.582	727	1.877.114
9	September	3.000	1.999	710	1.419.290
10	Oktober	3.000	2.731	723	1.974.513
11	November	3.000	2.845	701	1.994.345
12	Desember	3.000	2.473	719	1.778.087

No.	Bulan	Daya Terpasang (kW)	Daya Output (kW)	Waktu Operasi (Jam)	Produksi Energi (kWh)
Jumlah			30.982	8.193	21.128.525

Data hasil perhitungan dengan data nyata dijadikan acuan untuk menghitung efisiensi energi dengan menggunakan persamaan 4 yang dihasilkan dalam tahun tersebut. Energi yang dihasilkan dalam satu tahun yaitu:

- Tahun 2016 (teori) adalah 0,91 (91%)
- Tahun 2016 (nyata) adalah 0,80 (80%)

Sehingga efisiensi energi yang dihasilkan PLTM Bungin tahun 2016 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi energi} &= \frac{\text{Hasil real}}{\text{Hasil teori}} \times 100 \% \\
 &= \frac{16.902.820}{21.807.717,75} \times 100\% \\
 &= 77,5 \%
 \end{aligned}$$

Keandalan sistem tenaga listrik PLTM Bungin

Keandalan sistem tenaga listrik PLTM Bungin dapat dilihat dalam indikator sebagai berikut:

- Faktor pelayanan (*Service factor, SF*)

SF tahun 2016 disajikan dalam Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Waktu (jam) operasi PLTM Bungin tahun 2016

No	Bulan	Jumlah Waktu Operasi
1	Januari	666 Jam
2	Februari	623 Jam
3	Maret	712 Jam
4	April	655 Jam
5	Mei	583 Jam
6	Juni	650 Jam
7	Juli	724 Jam
8	Agustus	727 Jam
9	September	710 Jam
10	Oktober	723 Jam
11	November	701 Jam
12	Desember	719 Jam
Jumlah		8.193 Jam

Hasil yang diperoleh dari Tabel 4.7 dihitung menggunakan persamaan 2 sehingga diperoleh nilai faktor pelayanan ialah 93,5%.

2. Faktor gangguan keluar paksa (*Forced Outage, FO*)

Faktor keluar paksa adalah perbandingan antara lamanya waktu gangguan (t_{fo}) selama satu tahun (8760 jam). Perhitungan untuk menghasilkan faktor gangguan keluar paksa (*FO*) selama satu tahun menggunakan data pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Waktu (jam) perawatan PLTM Bungin tahun 2016

No	Bulan	Jumlah Waktu Gangguan
1	Januari	77 Jam 33 Menit
2	Februari	49 Jam 14 Menit
3	Maret	32 Jam 11 Menit
4	April	65 Jam 23 Menit
5	Mei	160 Jam 32 Menit
6	Juni	69 Jam 26 Menit
7	Juli	20 Jam 20 Menit
8	Agustus	16 Jam 27 Menit
9	September	9 Jam 37 Menit
10	Oktober	20 Jam 54 Menit
11	November	19 Jam 2 Menit
12	Desember	25 Jam 19 Menit
Jumlah		566 Jam

Hasil yang diperoleh dari Tabel 4.9 ialah dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 3 adalah 6,46%. Dari beberapa indikator tersebut maka dapat dihitung tingkat keandalan sistem tenaga listrik PLTM Bungin dengan menentukan nilai ketersediaan dan ketidakterediaan.

$$\begin{aligned}
 \text{Ketersediaan} &= \frac{\text{jumlah jam operasi}}{\text{jumlah jam operasi} + \text{jumlah jam gangguan unit}} \\
 &= \frac{8193 \text{ jam}}{8193 \text{ jam} + 566 \text{ jam}} \\
 &= \frac{8193 \text{ jam}}{8759 \text{ jam}} \\
 &= 0,935 \\
 &= 93,5 \%
 \end{aligned}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa keandalan sistem tenaga listrik PLTM Bungin untuk ketersediaan tahun 2016 sebesar 93,5 % dan ketidakterediaan sebesar 6,46 %.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada tulisan ini, maka diperoleh bahwa efisiensi energi yang dihasilkan diperoleh dari kinerja komponen yang memberi pengaruh terhadap kinerja pembangkit. Tahun 2016 PLTM Bungin menghasilkan efisiensi energi sebesar 77,5 % serta efisiensi sebesar 93,4 % dilihat dari sisi volume air pada bak penenang. Nilai tersebut lebih dari cukup dalam menghasilkan energi untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

Ketersediaan energi PLTM Bungin tahun 2016 sebesar 93,5 %, nilai tersebut diperoleh dari kinerja operasi yang memberi pengaruh besar terhadap keandalan pembangkit. Keandalan sistem tenaga PLTM Bungin dikatakan sangat baik karena dapat beroperasi dengan berbagai gangguan yang ada.

REFERENSI

Agus, H., & Wijaya, A. (2021). Evaluasi keandalan sistem tenaga listrik berbasis mikrohidro di pedesaan terpencil. *Jurnal Teknik Elektro*, 15(3), 123-132.

Budi, S. R., & Kartini, T. (2020). Analisis efisiensi pembangkit listrik tenaga mini hidro menggunakan metode simulasi jaringan. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 12(2), 45-59.

Fadli, M., & Nurhidayat, R. (2022). Kajian dampak lingkungan dari pembangunan PLTMH di wilayah Sulawesi. *Jurnal Rekayasa Energi*, 18(1), 76-88.

Marsudi, D. (2021). Pembangkit tenaga listrik berbasis sumber energi terbarukan. Jakarta: Erlangga.

Susanto, A., & Priyadi, E. (2020). Optimalisasi desain turbin mikrohidro untuk kapasitas kecil di sungai pedalaman. *Jurnal Mekanika dan Energi Terbarukan*, 14(4), 102-117.