

## ANALISIS KINERJA SISTEM TURBIN PEMBANGKIT LISTRIKMINI HIDRO (PLTM) TALUDA'A KABUPATEN BONE BOLANGO GORONTALO

**Muhamad Adi Sukur\*<sup>1)</sup>, Yunita Djamilu<sup>2)</sup>,**

<sup>1,2)</sup> Teknik Mesin, Universitas Nahdlatul Ulama Gorontalo, Indonesia

\*email: adisukur@gmail.com

Nomor Telp : +6282189075841

Asal Negara: Indonesia

### ABSTRAK

Pemerintah federal tanpa henti mendorong peralihan dari bahan bakar fosil ke sumber energi terbarukan. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) merupakan salah satu contoh sumber energi terbarukan. Energi kinetik air yang jatuh dimanfaatkan menggunakan proses PLTM. Semakin besar ketinggian air terjun maka semakin besar pula listrik yang dapat dihasilkan dari energi potensial air tersebut. PLTM Taluda'a merupakan PLTM di Provinsi Gorontalo yang mampu menghasilkan gabungan hingga 2 x 1200 Kw. Perusahaan ini telah menjalankan kilangnya selama 13 tahun terakhir. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis hubungan keluaran generator dengan dua faktor kritis (penstock dan guidevane). Metode penelitian dilakukan secara deskriptif dan kuantitatif berdasarkan data operasi lapangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan perubahan penurunan tekanan fluida air pada penstock sebesar 1% dapat menurunkan daya generator sebesar 8%. Sedangkan pengaruh daya generator sebagai efek dari perubahan bukaan Guidevane sebesar 81,5% diperoleh penurunan daya generator sebesar 5,64%

**Kata Kunci:** Turbin, Guidevane, PLTM, Tekanan

### ABSTRACT

*The federal government is relentlessly pushing the shift away from fossil fuels and toward renewable energy sources. The Mini Hydro Power Plant (PLTM) is an example of a renewable energy source. The kinetic energy of falling water is harnessed using the PLTM process. The greater the height of a waterfall, the more electricity may be generated from the water's potential energy. PLTM Taluda'a is a PLTM in Gorontalo Province that can produce up to a combined 2 x 1200 Kw. It has been running its refinery for the last 13 years. The purpose of this research was to analyze the relationship between the generator's output and two critical factors (penstock and guidevane). The research method was descriptively and quantitatively based on field operation data. The analysis results show that changing the management of the water fluid pressure in the penstock by 1% can reduce the generator power by 8%. While the influence of generator power as an effect of changing the Guidevane opening 81.5%, a decrease in generator power is obtained by 5.64%*

**Keywords:** Turbine, Guidevane, PLTM, Pressure

### 1. PENDAHULUAN

Energi adalah komponen penting dari setiap masyarakat manusia yang berkelanjutan. Bagaimana kita dapat menemukan kekuatan untuk menopang kehidupan? Salah satu sumber energi yang sangat penting dan bermanfaat bagi manusia adalah listrik. Energi listrik sangat penting bagi kehidupan manusia karena digunakan untuk segala hal mulai dari penerangan hingga kendaraan dan moda transportasi lainnya hingga industri pembangkit listrik. Karena listrik sangat banyak digunakan sekarang, itu mungkin dianggap sebagai kebutuhan. Untuk memberikan beberapa contoh saja, pertimbangkan energi listrik yang dibutuhkan untuk menjalankan inkubator bayi baru lahir, industri elektronik, sektor TI (Teknologi Informasi), dan bidang serupa.

Diketahui saat ini kebutuhan listrik di Indonesia melebihi pasokan. Beberapa alasan berkontribusi untuk ini:

1. Meningkatnya populasi penduduk Indonesia
2. Semakin banyaknya peralatan yang membutuhkan energi listrik
3. Menurunnya sumber energi listrik

Oleh karena itu, sangat penting untuk mengamankan sumber energi listrik dalam jumlah besar, sehingga produksi dapat mengimbangi konsumsi. Alangkah baiknya jika produksi listrik bisa melebihi konsumsi. Percepatan program pembangunan pembangkit listrik berkapasitas 35.000 MW dan jaringan transmisi sepanjang 46.000 km diamanatkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia tentang Pengesahan Rencana Bisnis Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Perusahaan

Perusahaan EL Negara (PERSERO) tahun 2016 hingga 2025. Satu penelitian pada tahun 2017 (1).

Sumber tenaga air termasuk saluran irigasi, sungai, dan air terjun alami dapat digunakan untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Dengan menggunakan head dan laju aliran air terjun, kita dapat memperoleh pengertian 2. Awalan "mikro" menunjukkan derajat kecil, sedangkan "hidro" mengacu pada air. Mikrohidro mengandalkan tiga komponen teknologi utama: air (sebagai sumber energi), turbin (untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik), dan generator (untuk menghasilkan listrik dengan mengubah gerak menjadi energi listrik). Mikrohidroelektrik memanfaatkan energi potensial dari penurunan permukaan air (2).

Energi kinetik jatuhnya air (head) dimanfaatkan oleh PLTMH. Semakin besar ketinggian air terjun, semakin banyak listrik yang dihasilkan dari energi potensial air. Keluaran listrik mikrohidro yang sederhana berdampak pada kemudahan instalasi dan sedikit tapak yang diperlukan untuk pengoperasian dibandingkan dengan sistem pembangkit listrik tenaga air skala besar. Dengan demikian, perangkat penghasil mikrohidro dapat membuat jaringan listrik dapat diakses di lokasi pedesaan dan terpencil (2).

Turbin mini dan mikrohidro terbarukan dengan kapasitas > 100 MW dalam skala besar, 5 MW dalam skala kecil, dan 100 KW dalam skala mikro telah dikembangkan di negara berkembang seperti Indonesia karena bahan bakarnya dan istilah pendukung lainnya sudah ada di Indonesia. Air adalah sumber daya terbarukan yang dapat digunakan tanpa batas waktu untuk menghasilkan listrik, sedangkan asap buangan dari turbin itu sendiri tidak menimbulkan ancaman bagi lingkungan dan dapat dibuat serta diperbaiki dengan sedikit keahlian. Dibandingkan dengan turbin hidro besar, hidro sedang, dan hidro kecil, kapasitas listrik yang dihasilkan turbin jenis ini memiliki daya yang tidak terlalu besar. Hal ini karena arus yang berfluktuasi menyebabkan ketersediaan air berubah. (3).

Komponen paling dasar mesin turbin adalah rotor, yang merupakan poros dengan bilah atau bilah yang terhubung dengannya yang berputar. Aliran fluida menyebabkan rotor berputar baik karena tumbukan atau sebagai respons. Dua kategori utama turbin adalah turbin impuls dan turbin reaksi untuk memperhitungkan perbedaan ini. Pada turbin impuls, rotor berputar akibat tekanan dari fluida yang menumbuknya di ujung nozzle, sedangkan pada turbin reaksi, tekanan fluida itu sendiri menyebabkan rotor berputar (4).

Karena hanya menggunakan tenaga air alami, Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) adalah alternatif yang sangat efisien untuk pembangkit energi listrik tradisional. Selain itu,

rencana pembangunan PLTM ini akan menghasilkan masyarakat di Kecamatan Bone Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo yang mampu memanfaatkan kekuatan air terjun untuk menghasilkan energi. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) menggunakan generator DC atau AC untuk menghasilkan energi menggunakan sistem turbin mekanis. Mini-mengacu pada kecil dan hidro-mengacu pada air; karenanya, minihidro mengacu pada produksi energi keluaran rendah menggunakan tenaga air. Pembangkit listrik tenaga air dihasilkan ketika air dari sungai atau danau yang dibendung mengalir melalui turbin dan menuju generator listrik pada tekanan dan ketinggian yang cukup tinggi.

Mini hidro atau yang disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) merupakan pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya, seperti saluran irigasi, sungai, atau air terjun alami, dan menghasilkan listrik dengan memanfaatkan energi yang ada. antara ketinggian air terjun (head) dan volume aliran air. Pembangkit listrik tenaga air mini menghasilkan tenaga dari potensi gravitasi kolom air yang jatuh. Mini hidro pada dasarnya memanfaatkan energi potensial yang ada dalam gerakan air ke bawah (head). Semakin besar ketinggian air terjun, semakin banyak listrik yang dihasilkan dari energi potensial air. Pembendungan aliran air untuk menaikkan muka air merupakan cara lain untuk menambah tinggi jatuhnya air, selain variabel topografi (letak sungai). Rumah generator, seringkali terletak di tepi sungai, menerima air dari pipa deras dan menggunakannya untuk menggerakkan turbin atau miniatur kincir air.

Poros turbin akan berputar sehingga menghasilkan energi mekanik yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Minihidro dapat menghasilkan daya 400 12 watt pada jarak 20 meter dari sumber air, menunjukkan efisiensinya bahkan pada permukaan air yang rendah. Mini-hidro menguntungkan karena dapat dipasang dan dioperasikan dengan ruang dan kompleksitas yang lebih sedikit daripada pembangkit listrik tenaga air besar, sambil tetap menghasilkan listrik dalam jumlah yang bermanfaat. Mini hidro memiliki manfaat ini karena tidak merusak lingkungan. Tenaga air di bawah besarnya 2000 KW dianggap mikrohidro, sedangkan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yang lebih besar menyediakan lebih banyak energi. Pembangunan PLTM sering terjadi di lingkungan berikut: Pada daerah yang kaya akan energi air, misalnya terdapat air terjun, alur sungai yang curam, atau aliran sungai, dan terdapat perubahan ketinggian air, dapat dibangun PLTM. Hal ini mendorong eksplorasi pemanfaatan energi air terjun di Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTM)

Taluda di Desa Ilohuua, Kecamatan Bone, Kabupaten Bonebolango, Provinsi Gorontalo.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian dilakukan di PLTM taluda'a tepatnya Desa taluda'a, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo untuk mengetahui seberapa besar daya output, efisiensi yang ada pada turbin dan pengaruh parameter penting (penstock, Guidevane terhadap daya Generator) dipembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM) didesa taluda'a, Kecamatan Bone, Kabupaten Bone Bolango. Pengumpulan data menggunakan observasi, studi literatur dan wawancara. Data dianalisis menggunakan analisa deksriptif dan kuantitatif berdasarkan data lapangan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Sistem dan Jenis Turbin PLTM Taluda'a

Turbin tipe Francis di PLTMH Taluda'a yang dibangun pada 2008 dan beroperasi sejak 2012 ini beroperasi melalui proses over pressure. Beberapa energi jatuh yang tinggi digunakan di sudut jalan ketika air memasuki roda jalan, dengan pipa hisap memfasilitasi ini semaksimal mungkin.



Gambar 1. Turbin francis PLTM Taluda'a

Pada gambar 4.1 di atas adalah turbin yang di gunakan di PLTM taluda'a yaitu jenis francis turbin ini memiliki bentuk seperti rumah siput dan turbin ini memiliki kapasitas daya sebesar 1200 KW.

### 3.2 Analisis Fungsi Kerja Turbin PLTM Taluda'a

Turbin ini diputar oleh energi potensial air sehingga menghasilkan energi mekanik. Roda gila membantu menjaga putaran baling-baling tetap stabil karena mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik untuk menggerakkan generator listrik. Pada kondisi eksisting dilapangan Turbin yang terhubung dengan poros berdiameter 4 inchi atau sebesar 100 mm akan menggerakkan turbin menghasilkan putaran sebesar 500 rpm. Kemudian putaran tersebut diteruskan ke Generator dengan daya Maksimal 1165 KWh.

### 3.3 Parameter Data PLTM Taluda'a

Berdasarkan hasil survei lapangan di dapatkan parameter penting yang terdapat pada manual book operasi serta beberapa informasi dari

teknisi lapangan seperti di tunjukkan Pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Parameter Ukur PLTM Taludaa

No	Parameter Ukur	Satuan
1.	Diameter	1,5 m
2.	Elevasi	20 m
3.	Debit	4,94 m <sup>3</sup> /s

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa tinggi atau elevasi dari air terjun yang digunakan pada PLTMH sebesar 20 meter. Sedangkan untuk debit air sesuai pengukuran adalah 4.94 m<sup>3</sup>/S.

### 3.4 Analisis Daya Output Turbin PLTM Taludaa

Pada PLTM Taluda'a daya input penggerak turbin tergantung pada kapasitas air yang ada dan tinggi head. Semakin besar debit dan headnya Maka akan semaik besar juga daya input yang dihasilkan. Untuk mengetahui daya inptut diperoleh dengan persamaan :

$$\begin{aligned} P \text{ in Turbin} &= g \times Q \times H \text{ (kW)} \\ &= 9,8 \times 4,94 \times 20 \\ &= 968.24 \text{ kW} \end{aligned}$$

Daya output pada PLTM diperoleh dengan persamaan :

$$\begin{aligned} P \text{ out Turbin} &= g \times Q \times H \times \eta_t \text{ (kW)} \\ &= g \times Q \times H \times \eta_t \\ &= 9,8 \times 4,94 \times 20 \times 1,17 \\ &= 823 \text{ kw} \end{aligned}$$

Efisiensi turbin bervariasi menurut keadaan beban dan jenis turbin yang digunakan. Efektivitas turbin dapat diukur dengan berbagai cara:

1. Tinggi terjunan maksimum
2. Tinggi terjunan minimum
3. Tinggi terjunan rancangan

Kecepatan optimal turbin untuk efisiensi terbesar dicapai pada saat jatuh tinggi.

Evisiensi turbin dapat diketahui dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \eta_t &= \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% \\ \eta_t &= \frac{823}{968} \times 100\% \\ \eta_t &= 0,8 \end{aligned}$$

### 3.5 Pipa Pesat dan Kapasitas Kerja

Pipa Pesat yang terdapat pada PLTM Taluda'a memiliki diameter 1m dan memiliki panjang 36 m yang berfungsi menghantarkan air ke turbin dari bak penenang yang airnya berasal dari pegunungan dengan sumber air 1.5 km dari power house. seperti pada gambar 2



Gambar 2. Pipa pesat

Pada gambar 2 di atas Pipa pesat adalah alat yang berfungsi menyalurkan air ke turbin, salah satu ujung pipa pesat dipasang pada bak penenang, sedangkan ujung lainnya diarahkan ke cerobong turbin. PLTM taluda menggunakan pipa baja yang berdiameter 1 meter dan menggunakan panjang pipa 36 meter. Kapasitas kerja atau debit Maksimum pada pipa pesat (penstock) dapat diukur dengan persamaan :

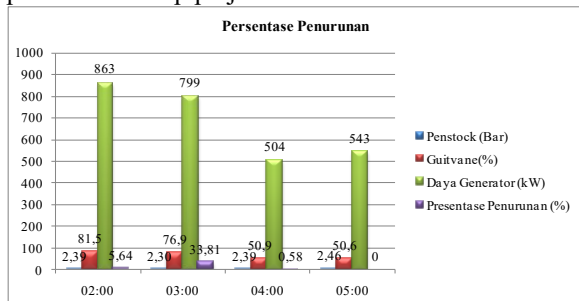
$$Q = A \times V$$

Dimana Debit diperoleh dari hasil perkalian antara luas penampang dengan kecepatan Aliran, sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= \pi \cdot r^2 \\ A &= 3,14 \times 50^2 = 3,14 \times 2.500 \\ A &= 7,85 \text{ m}^2 \\ \text{Kecepatan aliran (V)} &= 0,63 \\ Q &= A \times V \\ Q &= 7,85 \times 0,63 \\ Q &= 4,94 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

### 3.6 Analisis Parameter Data Yang Mempengaruhi Daya Turbin dan Generator.

Berdasarkan Gambar Grafik 3 menunjukan bahwa dalam perhitungan presentasi dibutuhkan data parameter seperti penstock, guidevane. data ini merupakan untuk mengetahui nilai presentasi penurunan setiap perjam.



Gambar 3. Hubungan Turbin dan Guidevane - Penstock

Tren grafik yang ditunjukkan gambar grafik 3 perubahan parameter data per tiap 1 jam dimana nilai daya tertinggi pada jam pertama mendapatkan 863 kw setelah melakukan pengoperasian selama empat jam terdapat penurunan daya, dengan penstock 2,39 pada jam pertama dan yang terendah mencapai 2,30 pada jam kedua, sedangkan guidevane dengan nilai tertinggi 81,5 pada jam pertama dan nilai terendah mencapai 50,6 pada jam ke empat, sedangkan nilai terendah terdapat pada jam ke tiga dengan daya 504 kw. Jika ditinjau dari tren perubahan penurunan secara keseluruhan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Data Awal} - \text{Data Akhir}}{\text{Data Awal}} \times 100\%$$

$$\text{Data Awal (Guidevane) jam 02.00} = 81,5\%$$

$$\text{Data Akhir (Guidevane) jam 03.00} = 76,9\%$$

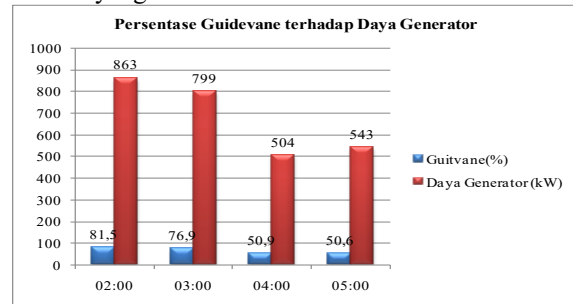
$$\frac{81,5\% - 76,9}{81,5} \times 100\%$$

$$\frac{4,6}{81,5} \times 100\% = 5,64\%$$

Dengan demikian persentasi penurunan yang terjadi turbin generator selama 1 jam dari 02:00-03:00 berturut-turut adalah sebesar 5.6%

### 3.7 Hubungan Guidevane terhadap daya Generator.

Bukaan baling-baling pemandu mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap keluaran, seperti diilustrasikan pada Gambar 4 di bawah, dengan keluaran daya yang lebih besar sejalan dengan bukaan yang lebih besar.

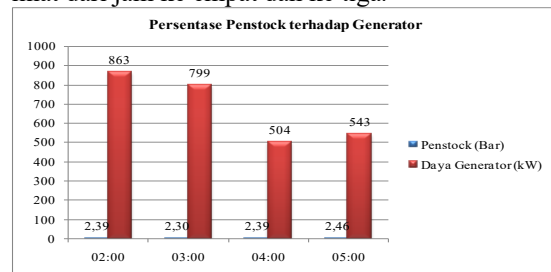


Gambar 4. Guidvane terhadap daya

Pada gambar grafik 4 di atas menunjukan bahwa nilai dari presentasi penurunan daya dari 863 kw dengan bukaan guidevane sebesar 81,5% dan terjadi penurunan daya mencapai 504kw dengan bukaan guidevane 50,9% . oleh karena itu dengan turunnya nilai bukaan guidevane dapat mempengaruhi daya yang di hasilkan oleh generator. Oleh karena itu dari empat jam pengoperasian presentasi mendapatkan selisi dari jam pertama mendapatkan selisi sebesar 5,64%, untuk jam kedua dihasilkan selisis 33,81% dan jam ketiga mendapatkan 0,58% sedangkan pada jam keempat mendapatkan 0%

### 3.8 Hubungan Penstock terhadap Daya Generator

Pada gambar 5 di bawah ini menjelaskan bahwa tekanan pada penstock naik akan tetapi daya yg di hasilkan semakin menurun. Dan itu dapat di lihat dari jam ke empat dan ke tiga.



Gambar 5. Hubungan Penstock Terhadap Daya Generator

Pada gambar 5 di atas menunjukan bahwa tekana penstock terkecil terdapat pada jam ke 2 yaitu 2,30 yang menghasilkan daya sebesar 799 kw sedangkan tekanan penstock terbesar terdapat pada jam ke 4 yaitu 2,46 dengan nilai daya sebesar 543 kw maka dapat di ketahui bahwa semakinkecil

tekanan pada penstock maka semakin besar daya yang di hasilkan begitupun sebaliknya. Semakin besar tekanan pada penstock maka semakin kecil daya yang di hasilkan

#### 4 KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.2 Kesimpulan

Penulis skripsi ini menarik berbagai kesimpulan berdasarkan apa yang diuraikan dan dibahas di sini.

1. Hasil perhitungan terhadap volume aliran fluida pada PLMH Taludaa sebesar (Q) 4.94 m<sup>3</sup>/s.
2. Tren persentase penurunan Daya generator yang di pengaruhi oleh bukan Guidevane setiap per 4 jam operasi di peroleh sebesar 5.6 %
3. Persentasi penurunan terjadi dimana ketika saat tekanan berkurang sebesar 1% akan mengurangi daya Generator sebesar 8 %.

##### 4.3 Saran

Adapun saran yang direkomendasikan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Perlu pengambilan data secara periodik (Bulan) untuk agar data operasi dapat dibandingkan data spesifikasi Pabrik.
2. Terkait Analisis Turbin perlu dan butuh analisis lebih lanjut agar di peroleh data yang akurat untuk keperluan maintenance kedepannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Arifin Z. Evaluasi Pembelajaran Prinsip, Teknik, Prosedur. Bandung: Remaja Rosdakarya; 2017.
2. Bahar IDK dan MF. Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Desa Batu Pataneteang Kabupaten Bantaeng. Universitas Muhamadiyah Makasar; 2020.
3. Poea CS, Soplanit GD, Rantung J. Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton untuk Pembangkit Listrik di Desa Kali Kecamatan Pineleng dengan Head 12 Meter. J Poros Tek Mesin Unsrat. 2012;1(1):1-9.
4. Indarto B dan. Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro dengan Variasi Bentuk sudu. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi. Yogyakarta: IST AKPRIND.; 2008. 187 – 196 hal.