

Pengaruh Perubahan Temperatur Lingkungan terhadap Kinerja dan Efisiensi Turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Unit 2 Lahendong

*) **Prisilia Mariono, Rolles N. Palilingan, dan Armstrong F. Sompotan**
Prodi Fisika FMIPA, Universitas Negeri Manado, Tondano, 95619, Indonesia
*e-mail: marionopricilia@gmail.com

Diterima 3 Oktober 2022; Disetujui 17 Oktober 2022

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Lahendong merupakan pembangkit listrik terbesar di Sulawesi Utara. Turbin adalah salah satu komponen penting pada power plan, sehingga kinerja dan efisiensi harus diperhatikan. Temperatur Lingkungan yang berubah setiap hari dapat berpotensi mempengaruhi kinerja dan efisiensi turbin. Oleh karena itu diperlukan analisa pada turbin untuk memastikan apakah temperatur lingkungan dapat mempengaruhi kinerja dan efisiensi turbin. Hasil penelitian selama 14 hari pada pukul 10.00 dan pukul 22.00 menunjukkan perbedaan nilai kinerja dan efisiensi turbin. Nilai kinerja turbin lebih besar pada siang hari dibandingkan malam hari. Efisiensi turbin dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, ketika temperatur lingkungan meningkat terjadi penurunan efisiensi dan ketika temperatur menurun terjadi peningkatan efisiensi turbin.

Kata kunci: Temperatur Lingkungan, Turbin, PLTP Lahendong

ABSTRACT

The Lahendong Geothermal Power Plant (PLTP) is the largest power plant in North Sulawesi. Turbine is one of the important components in a power plan, so performance and efficiency must be considered. Environmental temperatures that change on a daily basis can potentially affect turbine performance and efficiency. Therefore, it is necessary to analyze the turbine to determine whether the ambient temperature can affect the performance and efficiency of the turbine. The results of the study for 14 days at 10.00 and 22.00 showed differences in the value of turbine performance and efficiency. The turbine performance value is greater during the day than at night. Turbine efficiency is affected by the ambient temperature, when the ambient temperature increases there is a decrease in efficiency and when the temperature decreases there is an increase in turbine efficiency.

Keywords: Environment Temperature, Turbine, PLTP Lahendong

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Lahendong merupakan pembangkit listrik terbesar di Sulawesi Utara. PLTP memanfaatkan Uap Panas yang berasal dari dalam bumi untuk menghasilkan energi listrik. Di unit 2 PLTP Lahendong, menyuplai 20 MW dimana energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari Uap panas yang berasal dari perut bumi dengan temperatur dan tekanan tinggi. *Steam* yang keluar melalui sumur produksi kemudian menuju separator yang berfungsi untuk memisahkan uap dan air. Setelah melewati proses pemisahan uap dan air, *steam* menuju ke *scrubber* yang berfungsi untuk menyaring jika masi ada partikel-partikel lain dan diharapkan uap yang masuk ke turbin uap yang benar-benar kering.

Efisiensi dari pembangkit listrik tenaga panas bumi, ditentukan dari performa kerja komponen yang ada pada power plant.

Komponen yang berpengaruh terhadap daya listrik pada PLTP diantaranya turbin, kondensor, dan cooling tower. Turbin akan bekerja secara optimal apabila fluida penggerakannya memiliki suhu dan tekanan yang stabil. Fluida penggerak pada PLTP berasal dari perut bumi. Namun, pada kenyataannya fluida tersebut berada dalam keadaan yang tidak stabil setiap harinya hal ini dikarenakan beberapa faktor seperti kandungan dan komposisi dari steam, kehandalan komponen atau alat pabrik yang digunakan, serta suhu lingkungan dan tekanan yang masuk ke dalam kondensor. Komponen pada PLTP yang mengalami kontak langsung dengan suhu lingkungan adalah cooling tower. Keadaan ini menyebabkan fluida yang masuk kedalam kondensor melalui cooling tower memiliki nilai yang tidak konstan sehingga mempengaruhi keluaran daya turbin (Zarkasih,).

Proses kerja yang terjadi pada turbin uap adalah mengubah energi panas dari uap menjadi energi mekanik berupa putaran turbin. Selanjutnya energi mekanik yang dihasilkan turbin tersebut akan dipakai untuk memutar poros generator yang akan menghasilkan listrik. Kondisi lingkungan dipengaruhi oleh cuaca buruk atau baik. Cuaca ini yang akan mempengaruhi temperatur dan komposisi udara. Dimana kinerja turbin akan baik ketika temperatur lingkungan meningkat.

2. KAJIAN TEORI

Energi panas bumi juga dikenal dengan nama energi *geothermal* yang berasal dari bahasa Yunani. Dalam bahasa Yunani “*geo*” memiliki arti bumi dan kata “*thermal*” berarti panas. Energi panas bumi sendiri disimpan didalam inti bumi. Jika dibandingkan dengan energi fosil, energi panas bumi merupakan sumber energi bersih dan hanya melepaskan sedikit gas rumah kaca. Menurut UU No. 27 tahun 2003 tentang Panas Bumi, sumber daya panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung didalam air panas, uap air, dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam satu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik atau pemanfaatan langsung lainnya.

Secara sederhana, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) adalah tenaga listrik yang dihasilkan dari gerak turbin yang digerakan oleh panas bumi. Cara pemanfaatannya adalah dengan membuat sumur yang kedalamannya mencapai titik panas bumi, lalu panas tersebut dialirkan ke lokasi turbin untuk menggerakan turbin. Potensi tenaga panas bumi yang besar di Indonesia menjadikan pembangunan PLTP sebagai salah satu prioritas nasional bidang energi. Salah satu wilayah yang dijadikan lokasi PLTP adalah PLTP Lahendong unit 2 dengan kapasitas pembangkit 20 MW.

Pembangkit Listrik Panas Bumi pada prinsipnya sama seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap, hanya pada PLTU uap yang dibuat di permukaan menggunakan boiler, sedangkan pada PLTP uap yang berasal dari *reservoir* panas bumi. Apabila fluida yang berasal dikepala sumur berupa fasa uap, maka uap tersebut dapat dialirkan langsung ke turbin, dan kemudian turbin akan mengubah energi

panas bumi menjadi energi gerak yang akan memutar generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik.

Hukum pertama termodinamika dinyatakan sebagai “Energi tidak bisa dibuat atau dimusnakan, namun bisa dirubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya”. Sesuai dengan hukum ini, energi yang diberikan oleh kalor mesti sama dengan kerja eksternal yang dilakukan ditambah dengan perolehan energi dalam karena kenaikan temperatur. Jika kalor diberikan kepada sistem, volume dan suhu sistem akan bertambah/sistem akan terlihat mengembang dan bertambah panas. sebaliknya, jika kalor diambil dari sistem, volume dan suhu sistem akan berkurang/sistem tampak mengerut dan terasa lebih dingin (Fadlilah dan Joo, 2014). Secara matematis, Hukum I Termodinamika dituliskan sebagai:

$$Q = W + \Delta U \quad (1)$$

dengan:

$$\begin{aligned} Q &= \text{Kalor (J)} \\ W &= \text{Usaha (J)} \\ \Delta U &= \text{Perubahan energi (J)} \end{aligned}$$

Secara umum efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara *output* terhadap *input* dalam suatu proses. Efisiensi merupakan salah satu persamaan yang paling penting termodinamika untuk mengetahui seberapa baik konveksi atau proses transfer terjadi (Boles, 2003).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PLTP Lahendong unit 2 yang terletak di kelurahan Tondangow Kota Tomohon Sulawesi Utara dengan menggunakan data sekunder. Data yang diambil selama 14 hari pada jam 10:00 dan 22:00.

Pengolahan data dimulai dengan pengambilan data-data yang diperlukan pada logsheet perusahaan seperti data tekanan masuk turbin, tekanan keluar turbin, temperatur air pendingin, temperatur uap masuk turbin, temperatur uap keluar turbin, laju alir, beban generator, dan temperatur lingkungan.

Langkah-langkah pengolahan data dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

a. Perhitungan Entalpi dan Entropi

Untuk mendapatkan nilai entalpi dan entropi pada penelitian ini dapat menggunakan *steam table* yang bersifat *saturated*. Pada perhitungan ini dapat menggunakan cara interpolasi dimana hal ini dimaksud untuk menentukan nilai yang

berada diantara dua nilai yang diketahui. Interpolasi ini didasarkan pada teori perbandingan.

Adapun pada penelitian ini perbandingan yang dilakukan antara nilai tekanan uap masuk turbin dengan entalpi saturated vavor (h_1), nilai tekanan uap masuk turbin dengan entropi saturated vavor (S_1), nilai tekanan uap keluar turbin dengan entalpi saturated liquid (h_f), tekanan uap keluar turbin dengan entalpi saturated vavor (h_g), tekanan uap keluar turbin dengan entropi saturated liquid (S_f) dan tekanan uap keluar turbin dengan entropi saturated vavor (S_g)

$$\frac{(x-x_1)}{(x_2-x_1)} = \frac{(y-y_1)}{(y_2-y_1)} \quad (2)$$

b. Perhitungan Daya Keluaran Turbin

Untuk menghitung nilai daya keluaran turbin (output) pada PLTP Lahendong dapat di hitung menggunakan beberapa rumus berikut:

Mencari nilai kualitas Uap (x)

$$X = \frac{S_1 - S_f}{S_g - S_f} \quad (3)$$

dengan:

X = Fraksi uap pada keadaan

S_1 = Nilai entropi berdasarkan tekanan uap masuk turbin

S_g = Entropi Uap (kJ/kg. K)

S_f = Entropi Air (kJ/kg. K)

c. Mencari nilai entalpi keluar turbin dalam kondisi isentropis (h_2)

Untuk mencari nilai entalpi keluaran turbin dalam kondisi isentropis menggunakan persamaan berikut:

$$h_2 = h_f + x \cdot (h_g - h_f) \quad (4)$$

h_2 = Nilai entalpi saturated liquid berdasarkan tekanan uap keluar turbin

h_g = Nilai entalpi saturated vavor berdasarkan tekanan uap keluar turbin

d. Mencari nilai daya isentropis ($W_{isentropis}$)

Untuk menghitung nilai daya isentropis dapat menggunakan persamaan:

$$W_{isentropis} = \dot{m} \cdot (h_1 - h_2) \quad (5)$$

dengan:

W_i = Usaha Isentropis (kJ/kg)

h_{inlet} = Entalpi masuk ke turbin (kJ/kg)

h_{outlet} = Entalpi keluar turbin (kJ/kg)

- Mencari nilai daya actual W_{aktual}

Adapun cara untuk mencari nilai daya actual (W_{aktual}) dengan menggunakan persamaan

$$W_{aktual} = \eta_{turbin} \times W_{isentropis} \quad (6)$$

dengan:

η_{turbin} = Efisiensi Turbin

$W_{isentropis}$ = daya isentropis

- Perhitungan Daya Keluaran Turbin

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (7)$$

dengan:

η = Efisiensi generator

P_{out} = Daya keluaran generator (MW)

P_{in} = Daya masukan generator (MW)

Penelitian ini dilaksanakan secara sistematis dengan prosedur penelitian yang dapat di lihat pada Gambar 1.

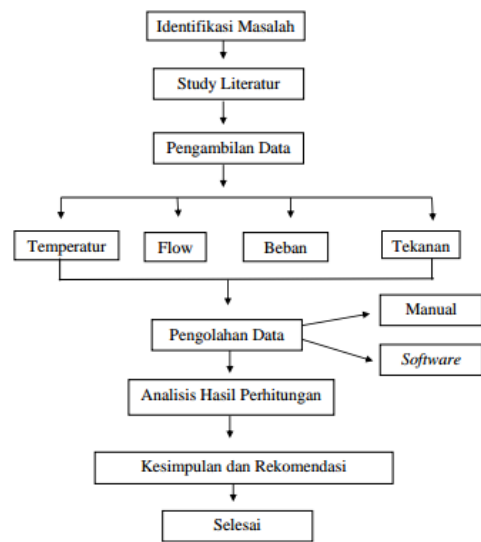


Diagram 3.2 diagram alir penelitian

Gambar 1. Diagram Prosedur Penelitian

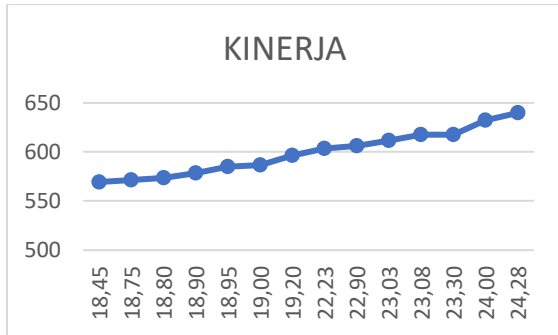
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rata-rata kinerja dan efisiensi turbin selama 14 hari pada PLTP unit 2 Lahendong.

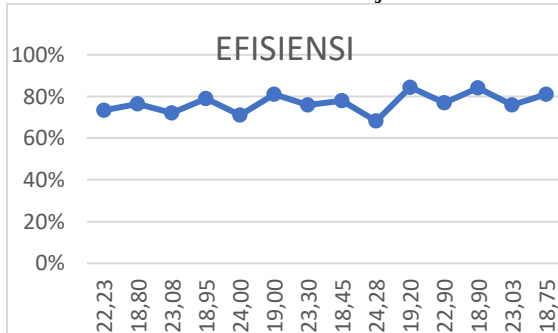
Tabel 1. Efisiensi Turbin

No.	P_{input} (MW)	P_{output} (MW)	W_i 593,5894	Efisiensi Turbin (%)
AVG	21228,48	16500	593,5894	77%

Dari Tabel diatas, hasil perhitungan nilai daya masuk turbin dengan nilai rata-rata 21228,48 MW dan daya keluaran turbin dengan nilai rata-rata 16500 MW, rata-rat kinerja turbin 593,5894 dan efisiensi turbin sebesar 77%.



Gambar 2. Grafik Kinerja Turbin



Gambar 3. Grafik Efisiensi Turbin

5. KESIMPULAN

Ketika temperatur lingkungan mengalami peningkatan kinerja turbin meningkat dan ketika temperatur lingkungan menurun kinerja turbin menurun. Pengaruh temperatur lingkungan terhadap efisiensi turbin terjadi ketika temperatur lingkungan mengalami peningkatan maka efisiensi turbin akan mengalami penurunan namun ketika temperatur lingkungan mengalami penurunan efisiensi turbin mengalami peningkatan.

Nilai kinerja turbin paling tinggi terjadi pada siang hari dengan nilai 639,833 dan nilai kinerja turbin paling rendah terjadi pada malam hari dengan nilai 548,645. Efisiensi turbin paling tinggi terjadi pada malam hari sebesar 84% dan efisiensi paling rendah terjadi pada malam hari sebesar 68%.

6. REFERENSI

- Bolles, & dkk. (2013). (n.d.). Thermal Analysis Of A Gas Turbine Power Plant To Improve Performance Efficiency. International Jurnal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) 4(6):6-11.
- Caturwati, NK, dkk. (2011). Pengaruh temperature lingkungan terhadap efisiensi turbin Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi, Palembang. Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

- Fauzan, A. F., Ariefin, R. T., Kamal, D.M., Silanegara, I., & Adhi, P.M. (2010). Analisis Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Kinerja dan Efisiensi Turbin Uap di PLTP Unit 1 Dieng. Seminar Nasional Teknik Mesin, 749-756.
- Isyamiyah, W., Utomo., & Wibawa, U. (2014). Evaluasi Perubahan Suhu Lingkungan Dan Tekanan Terhadap Daya Turbin Pada PLTP 60 MW Geo Dipa Energi Unit Patuha Jawa Barat. Universitas Gadjra Mada.
- Konjogian, M.A. (2017). Perbandingan Efisiensi Turbin PLTP Lahendong Unit 3 Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pemeliharaan Periodik Simple Inspection. Universitas Negeri Manado.