

PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI GENERATOR DI UNIT 2 PLTP LAHENDONG

Mince Manguma, Armstrong Sompotan, Jeilen Nusa
Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Manado
email: mincemanguma26@gmail.com

ABSTRAK. Indonesia merupakan negara yang berada dijalur *ring of fire* atau jalur gunung api yan kaya akan potensi panas bumi. Panas bumi merupakan sumber daya terbarukan yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan magma dari perut bumi. PLTP Lahendong unit 2 merupakan unit pembangkit yang terletak di kota Tomohon Sulawesi Utara yang mampu membangkitkan energi listrik sebesar 20 MW. Dalam suatu pembangkit salah satu komponen yang paling penting adalah geneator. Ada banyak permasalahan yang dapat mempengaruhi kerja generator contohnya menurunnya efisiensi generator. Memurunnya efisiensi dapat mempengaruhi energi listrik yang di alirkan tidak maksimal akibat rugi-rugi generator dan banyak listrik yang hilang karena hal tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa terhadap efisiensi generator apakah pengaruh beban yang dihasilkan generator berpengaruh dengan efisiensi generator. Hasil penelitian yang kemudian dianalisa selama 14 hari antara pukul 09:00 dan 21:00 didapatkan hasil perhitungan yang kemudian dianalisa bahwa nilai beban yang paling rendah yang dihasilkan generator adalah 12 MW dengan efisiensi generator 72% dan nilai beban yang paling tinggi adalah 19 MW dengan efisiensi 93% dan didapatkan rata-rata beban 16MW dengan selisih efisiensi 21%. Hal ini menunjukkan bawah nilai beban yang dihasilkan generator berpengaruh terhadap efisiensi generator. Dari hasil di atas dapat direkomendasikan ke perusahaan terkait untuk tindakan lebih lanjut.

ABSTRACT. Indonesia is a country that is located on the ring of fire or a volcanic route that is rich in geothermal potential. Geothermal is a renewable resource that is environmentally friendly by utilizing magma from the bowels of the earth. PLTP Lahendong unit 2 is a generating unit located in the city of Tomohon, North Sulawesi, which is capable of generating 20 MW of electrical energy. In a generator one of the most important components is the generator. There are many problems that can affect the work of the generator, for example, the reduced efficiency of the generator. Declining efficiency can affect the electrical energy that is flowing not optimally due to generator losses, and a lot of electricity is lost because of this. Therefore, it is necessary to analyze the efficiency of the generator to see whether or not the effect of the load generated by the generator has an effect on the efficiency of the generator. The results of the study which were then analyzed for 14 days between 09:00 and 21:00 obtained the calculation results which were then analyzed that the lowest load value generated by the generator was 12 MW with generator efficiency of 72% and the highest load value was 19 MW with efficiency of 93% and obtained an average load of 16MW with an efficiency difference of 21%. This shows that the value of the load generated by the generator affects the efficiency of the generator. From the results above, it can be recommended to the related company for further action.

Kata Kunci: Daya, Efisiensi Generator, PLTP Lahendong

Keywords: Power, Generator Efficiency, PLTP Lahendong.

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) merupakan unit pembangkit terbesar dengan energi yang ramah lingkungan berbasis sumber daya panas bumi.

Pembangkit listrik tenaga panas bumi memanfaatkan uap yang bersumber dari panas bumi untuk memutar turbin agar dapat membuat generator menghasilkan energi listrik. Untuk membangkitkan listrik dengan

panas bumi dilakukan dengan mengebor tanah di daerah yang berpotensi panas bumi untuk membuat lubang gas panas yang akan dimanfaatkan untuk memanaskan ketel uap (*boiler*) sehingga uapnya bisa menggerakkan turbin uap yang tersambung ke Generator. Uap yang di peroleh dari sumur-sumur produksi (*hot well*) dan di suplai oleh Pertamina yang di ambil melalui proses pengeboran dengan kedalaman ± 2 km (kedalaman pipa di Lahendong). Dari uap yang berasal dari sumur produksi dari Pertamina kemudian uap masuk ke Demister yang di pasang pada jalur uap utama setelah alat pemisah akhir (finansial separator) yang di tempatkan pada bangunan rangka besi yang sangat kokoh dan terletak di luar gedung pembangkit. Uap bersih akan masuk kesaluran keluar yang sebelumnya melewati saringan terlebih dahulu dan untuk selanjutnya diteruskan ke turbin. Uap yang masuk berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi kinetik didalam nosel (yang dibentuk oleh sudu-sudu diam yang berdekatan). Nosel diarahkan kepada sudu gerak, didalam sudu gerak energi kinetik diubah menjadi energi mekanis. Kemudian pada generator bekerja berdasarkan hukum Faraday yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan ditimbulkan GGL (gaya gerak listrik) yang mempunyai satuan Volt. Setelah itu konstruksi generator terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian stator atau bagian yang diam dan rotor atau bagian rotor atau bagian yang berputar.

KAJIAN TEORI

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah yang sangat luas dan juga berada di jalur *ring of fire* atau jalur gunung api yang membuat Indonesia kaya akan adanya potensi panas bumi. Ada sebanyak 252 lokasi panas bumi di Indonesia yang tersebar mengikuti jalur pembentukan gunung api yang membentang dari Sumatra, Jawa, Nusa Tenggara, kemudian membelok melalui Sulawesi sampai Maluku. Potensi energi panas bumi di Indonesia yang mencapai 27 MW sangat erat kaitannya dengan posisi Indonesia dengan kerangka tektonik dunia. Daya sebesar ini membuat Indonesia

merupakan negara yang memiliki 40% potensi panas bumi dunia, tetapi baru 3% dari potensi panas bumi tersebut di manfaatkan. Sulawesi Utara merupakan salah satu wilayah dengan pemanfaatan panas bumi cukup maju.

Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) biasanya memanfaatkan uap yang bersumber dari reservoir panas bumi untuk memutar turbin agar dapat membuat generator menghasilkan energi listrik. Kuantitas uap yang diperlukan harus cukup banyak untuk memutar turbin juga tekanan dan temperatur harus pada keadaan yang tepat agar uap yang di hasilkan cukup untuk memutar turbin. Dalam buku *Gehring & Loksha* (2012;40) yang berjudul "*Geothermal Handbook; planning And Financing power Generation*" capline mengemukakan bahwa salah satu masalah nyata yang berakibat tekanan uap menurun hingga tidak cukup untuk memutar turbin yaitu terjadi di PLTP di lapangan *geyser California*. Ketika 4 perusahaan berbeda gagal menentukan titik koordinat reservoir panas bumi sehingga mengakibatkan banyak titik salah bor, akhirnya terjadi penurunan tekanan drastis pada lapangan bumi tersebut yang berakibat menurunnya juga kuantitas uap yang menyebabkan turbin tidak berjalan semestinya dan daya listrik yang di hasilkan tidak sesuai yang di harapkan.

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:

$$Q = \text{Kalor (J)}$$

W = Usaha (J)
 ΔU = Perubahan energi (J)

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).

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 09:00 dan 21:00.

Pengolahan data dimulai dengan pengambilan data pada *log sheet* PLTP Lahendong yakni data beban, temperatur, tekanan, dan laju alir (*flow*). Kemudian yang dilakukan adalah melakukan pengolahan data di microsoft excel. Kemudian dari data yang telah diolah dilakukan analisis data dan terakhir menarik kesimpulan.

Untuk langkah-langkah pengolahan data dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

- 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 vapor* (h_1), nilai tekanan uap masuk turbin dengan entropi *saturated vapor* (S_1), nilai tekanan uap keluar turbin dengan entalpi *saturated liquid* (h_f), tekanan uap keluar turbin dengan entalpi *saturated vapor* (h_g), tekanan uap keluar turbin dengan entropi *saturated liquid* (s_f) dan tekanan uap keluar turbin dengan entropi *saturated vapor* (s_g)

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

- 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)

- Mencari nilai entalpi keluar turbin dalam kondisi isentropis (h_2)

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

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

dengan:

h_f = Nilai entalpi saturated liquid berdasarkan tekanan uap keluar turbin

x = Nilai kualitas uap

h_g = Nilai entalpi saturated vapor berdasarkan tekanan uap keluar turbin

- Mencari nilai daya isentropis ($W_{isentropis}$)

Untuk menghitung nilai daya isentropis dapat menggunakan persamaan:

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

(5)

dengan:

W_i = Usaha Isentropis (kJ/kg)

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

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

- Mencari nilai daya actual (W_{aktual})
Adapun cara untuk mencari nilai daya aktual (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

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

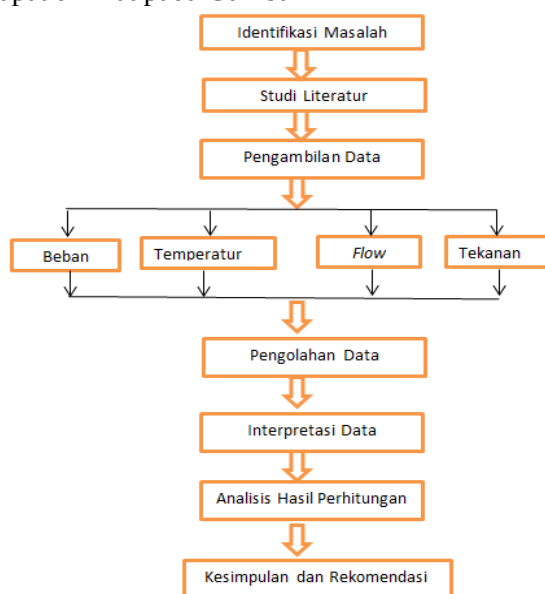
dengan:

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



Gambar 1. Diagram Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data beban generator merupakan data sekunder yang diperoleh dari *log sheet* PLTP Lahendong unit 2 dalam jangka waktu 14 hari pada pukul 09:00 dan 21:00 yang di olah dalam microsoft excel, dan di dapatkan rata-rata efisiensi generator dapat di lihat pada Tabel 1.

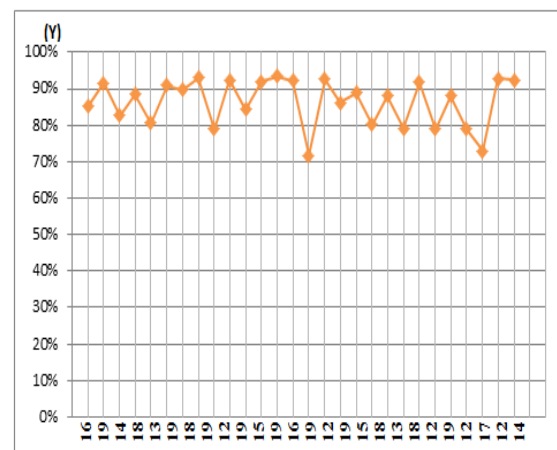
Tabel 1. Efisiensi Generator

NO.	P_{input} (MW)	P_{output} (MW)	Efisiensi Generator (%)
MIN	15.060	12	72%
MAX	20.868	19	93%
AVG	16.405	16	86%

Dari tabel diatas merupakan hasil perhitungan dari data yang didapatkan menggunakan persamaan yang telah di tuliskan di atas. Maka di dapatkan nilai minimum P_{input}

15.060 MW sampai dengan nilai maximum 20.868 MW dengan rata-rata sebesar 16.406 MW. Dan untuk nilai minimum P_{output} 12 MW sampai dengan nilai maximum 19 MW dengan rata-rata 16 MW. Dan untuk efisiensi generator di dapatkan nilai minimum 72% sampai dengan nilai maximum 93% dengan rata-rata 86%. Dari hasil perbandingan efisiensi generator diatas di dapatkan selisih efisiensi sebesar 21%.

Dari tabel di atas diperoleh grafik Efisiensi generator pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Efisiensi Generator

Dari grafik di atas maka dilihat bahwa nilai beban yang dihasilkan generator berpengaruh terhadap efisiensi generator. Ketika beban naik maka arus eksitasi akan naik. Ketika arus eksitasi naik maka beban listrik yang dihasilkan akan turun. Hal itu karena ketika beban naik dan arus eksitasi naik maka daya reaktif yang dihasilkan akan naik pula. Ketika daya reaktif meningkat, maka sudut daya yang dihasilkan semakin besar. Kenaikan perbedaan sudut daya akan menyebabkan beban listrik yang dihasilkan lebih rendah.

KESIMPULAN

Semakin tinggi nilai beban yang dihasilkan generator maka semakin besar efisiensi yang dicapai dan semakin rendah nilai beban yang dihasilkan generator maka efisiensi generator turun. Dapat dilihat dari pada saat nilai beban yang dihasilkan generator tertinggi yaitu 19 MW efisiensi yang dicapai mencapai 93 %. Sedangkan pada saat nilai beban yang dihasilkan 12 MW efisiensi yang dicapai hanya 72%. Maka besarnya efisiensi generator dipengaruhi oleh nilai beban yang dihasilkan generator.

DAFTAR PUSTAKA

- Apni, D. W. (2015). *Analisis Pengaruh Beban Terhadap Generator Sinkron Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap(PLTU) Pangkalan Susu, Medan*. Tugas Akhir Politeknik Negeri Medan.
- Bolles, & dkk. (2003). *Thermal Analysis Of A gas Turbine Power Plant To Improve Performance Efficiency*. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) 4(6):6-11.
- Dwiatmanto , L. J. (2015). *Pembangkit listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) dan Kendala Pembangunannya*. ORBITH, 11, 60-67.
- Fadlilah, & dkk. (2014). *Kajian Efisiensi Konversi Energi Pada star Energy Geothermal Wayan Windu*. Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Gehringer, & dkk. (2012). *Geothermal Handbook; palnning and Finanching power Generation*