

The Effect Of Load Changes On Generator Efficiency

Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator

Abigael A. Apouw. Glanny M. C. Mangindaan. Meita Rumbayan

Dept. of Electrical Engineering. Sam Ratulangi University Manado. Kampus Bahu St.. 95115. Indonesia

e-mails: abigaelapouw023@student.unsrat.ac.id, glanny_m@unsrat.ac.id,
meitarumbayan@unsrat.ac.id

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

Abstract — The largest ecologically friendly geothermal power plant is PLTP. PLTP Lahendong Unit 1 is a geothermal power plant in Tomohon City, North Sulawesi capable of producing electricity of 20MW. A very important component in a PLTP system is a generator. Many things can affect the efficiency of the generator, such as frequent load changes in the generator. Decreasing generator efficiency is one of the causes of losses in generators that result in non-optimal electric current. Consequently, it's essential to assess the generator's effectiveness to determine whether it's still operating at its best condition or not optimal. From the results of this analysis, using December 2022 data, calculation results were obtained which were then analyzed and obtained the lowest load value produced by the plant of 15MW with an efficiency of 57.68%, and the largest load value of 20MW of 20MW with a 98.79% efficiency. This demonstrates how the generator's efficiency is impacted by the amount of load it generates. based on the outcomes above, It is possible to advise the business on how to improve the performance of the generators.

Key words— Efficiency, Generator, Geothermal, Load

Abstrak — PLTP merupakan pembangkit listrik panas bumi terbesar dengan energi ramah terhadap lingkungan. PLTP Lahendong Unit 1 merupakan pembangkit listrik tenaga panas bumi yang terletak di Kota Tomohon, Sulawesi Utara yang mampu menghasilkan listrik sebesar 20MW. Komponen yang sangat berguna dalam sistem PLTP adalah generator. Banyak hal yang dapat mempengaruhi efisiensi generator, seperti perubahan beban yang sering terjadi pada generator. Penurunan efisiensi generator merupakan salah satu penyebab terjadinya rugi-rugi pada generator yang mengakibatkan arus listrik tidak optimal. Jadi itu harus dilakukan analisis efisiensi generator, apakah generator tersebut masih dalam kondisi optimal atau tidak optimal. Dari hasil analisis tersebut, dengan menggunakan data bulan Desember 2022 diperoleh hasil perhitungan yang kemudian dianalisis dan didapatkan nilai beban terendah yang dihasilkan oleh pembangkit sebesar 15MW dengan efisiensi sebesar 57,68%, dan nilai beban terbesar sebesar 20MW dengan efisiensi sebesar 98,79%. Hal ini dapat diketahui bahwa nilai beban yang diperoleh generator mempengaruhi efisiensi dari generator. Dari hasil diatas bisa disarankan kepada perusahaan terkait penindakan lebih lanjut terhadap kinerja generator.

Kata kunci — Beban, Efisiensi, Generator, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

I. PENDAHULUAN

PLTP merupakan sumber energi listrik yang menghasilkan energi melalui pemakaian panas bumi untuk menggerakkan turbin. [1]. Untuk menghasilkan listrik dari

panas bumi, diperlukan pengeboran sumur yang memiliki potensi panas bumi. Panas bumi ini akan digunakan untuk memanaskan boiler, yang menghasilkan uap yang kemudian digunakan untuk mengendalikan turbin uap yang terhubung ke generator. Uap yang diambil dari tempat-tempat produksi, yang disuplai oleh Pertamina, diperoleh melalui proses pengeboran hingga mencapai kedalaman sekitar ± 2 km, seperti yang terjadi pada pipa di PLTP Lahendong. Uap yang berasal dari sumur produksi ini kemudian disalurkan ke dalam Demister, yang terletak dalam pipa utama uap setelah melewati alat pemisah akhir (finansial separator). Alat ini ditempatkan dalam sebuah struktur bagian besi yang sangat kuat, terdapat di luar gedung pembangkit listrik. Setelah melalui proses ini, uap yang sudah dibersihkan akan dialirkan ke terusan keluar setelah melewati saringan tambahan, dan selanjutnya digunakan untuk menggerakkan turbin.[2], [3].

Transfigurasi beban pada PLTP memiliki dampak signifikan terhadap kinerja pembangkit listrik tenaga panas bumi. Dalam konteks efisiensi ini, semakin tinggi efisiensi pada generator akan mengindikasikan kinerja generator yang lebih efektif. Sebaliknya, jika efisiensi kerja tidak maksimal, kinerja generator menjadi kurang efektif[2].

Efisiensi dapat diartikan sebagai perbandingan antara daya keluaran (output) dan daya masukan (input) dalam suatu proses. Ini adalah konsep kunci dalam termodinamika yang membantu kita menilai sejauh mana konversi energi yang efisien. Pada generator, Daya masukan biasanya berupa energi mekanik karena turbin dan generator dihubungkan dan dikoordinasikan sehingga menghasilkan daya keluaran berupa listrik [4].

A. Penelitian Terkait

Menurut Suherman dkk (2022), Generator sinkron adalah perangkat yang menggunakan energi mekanik untuk menghasilkan energi listrik. Di sini, generator digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik..

Menurut Lubis (2022), Efisiensi generator merupakan perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukan. Seperti halnya mesin dan trafo listrik lainnya.

B. Generator Sinkron

Generator adalah suatu perangkat atau mesin yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi gerakan (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik) [5]. Energi yang digunakan untuk menggerakkan generator berasal dari berbagai sumber yang beragam. Pada pembangkit listrik tenaga panas bumi, generator berputar karena turbin uap. Turbin uap berperan sebagai inisiatif suatu mekanisme yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik, kemudian mengubahnya menjadi energi mekanis dalam bentuk rotasi poros turbin. Poros turbin ini dikopel dengan alternator melalui gearbox[6], [7].

Generator bekerja berdasarkan Prinsip Faraday, yang menyatakan bahwa ketika suatu penghantar diputar dalam medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya magnet, maka akan timbulkan ggl (Gaya Gerak Listrik) atau potensial listrik yang dapat menghasilkan tegangan atau voltase pada ujung penghantar tersebut[8], [9]. Perubahan energi dalam generator terjadi dikarenakan adanya mobilitas relatif antara medan magnet dengan kumparan generator. Mobilitas relatif ini merujuk pada perubahan medan magnet yang melintasi kumparan jangkar, yang menghasilkan perubahan fluks magnetik dalam kumparan tersebut. Perubahan fluks magnetik ini menciptakan gaya gerak listrik (ggl) atau potensial listrik di kumparan, yang pada akhirnya menghasilkan tegangan atau voltase yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik.[9].

Generator sinkron, yang biasa dikatakan sebagai alternator, merupakan alat listrik yang menghasilkan tegangan dan arus bolak-balik (AC) dengan mengubah energi mekanik (gerakan) menjadi energi listrik melalui prinsip induksi medan magnet. Generator sinkron ini bekerja dengan menggunakan medan magnet yang berputar, yang dapat dihasilkan melalui berbagai cara, seperti dengan menggunakan turbin uap, mesin pembakaran dalam, atau sumber energi lainnya. Ketika medan magnet berputar di sekitar kumparan penghantar, terjadi perubahan fluks magnetik dalam kumparan tersebut, yang menginduksi arus listrik AC. Generator sinkron memiliki banyak aplikasi dalam pembangkitan tenaga listrik dan digunakan secara luas dalam sistem tenaga listrik. Perubahan energi dalam generator sinkron terjadi dikarenakan adanya gerak relatif antara medan magnet dan kumparan generator. Saat medan magnet berputar atau bergerak relatif terhadap kumparan, terjadi perubahan fluks magnetik yang melintasi kumparan tersebut. Perubahan ini menginduksi arus listrik dalam kumparan, yang menghasilkan energi listrik. Inilah dasar kerja dari prinsip induksi elektromagnetik yang ditemukan oleh Michael Faraday, yang menjelaskan bagaimana dapat mengubah energi mekanik menjadi listrik melalui perubahan medan magnet yang merespon pergerakan relatif. Gerakan relatif yaitu hasil dari deformasi kaneva magnet yang Bertindak pada kumparan jangkar (tempat tegangan diinduksi pada generator) entah Sebab medan magnet bergerak menuju kumparan jangkar dan sebaliknya. Alternator yang disebut juga

generator sinkron dinamai demikian karena kecepatan putaran medan magnet serempak dengan kecepatan putaran rotor generator. Alternator ini berfungsi untuk menciptakan energi listrik (alternating current, AC) dan dapat dihasilkan dalam AC satu fasa atau tiga fasa [10]

C. Konstruksi Generator

Secara keseluruhan, struktur generator sinkron biasanya terdiri dari tiga elemen utama, yaitu:

a) Stator

Stator atau armature adalah komponen generator yang bersifat statis dan berperan sebagai tempat yang menerima induksi magnet dari rotor. Arus bolak-balik (AC) yang mengalir ke beban dialirkan melewati armature yang memiliki bentuk rangka silinder dengan kumpulan kawat konduktor yang sangat banyak. Lilitan pada armature generator dihubungkan dalam konfigurasi wye dan titik netralnya terhubung ke tanah. Selain itu, komponen ini memiliki alur atau slot memanjang yang berisi belitan kawat yang dikenal sebagai belitan jangkar atau armature winding[11]. Stator terdapat sejumlah komponen penting, yaitu:

1) Inti stator

Struktur inti stator biasanya berbentuk cincin laminasi yang disusun dengan sangat rapat untuk mengurangi kerugian akibat arus eddy (eddy current losses). Di dalam inti ini, terdapat slot-slot yang digunakan untuk meletakkan konduktor dan mengatur arah medan magnetnya. Hal ini dilakukan untuk memaksimalkan efisiensi generator

2) Belitan stator

Komponen stator ini terdiri dari beberapa batang konduktor yang ditempatkan dalam slot-slot dan ujung-ujung kumparan. Setiap slot dihubungkan satu sama lain untuk mendapatkan tegangan induksi yang diperlukan.

3) Alur stator

Alur (slot) dan gigi merupakan lokasi untuk menempatkan kumparan stator. Terdapat tiga bentuk alur stator yang umum digunakan, yaitu alur terbuka, setengah terbuka, dan tertutup.

4) Rumah stator

Komponen stator yang umumnya terbuat dari besi tuang dan berbentuk silinder adalah bagian utama rumah stator. Bagian belakang rumah stator ini seringkali dilengkapi dengan sirip-sirip untuk membantu dalam proses pendinginan.

5) Cincin arus bolak-balik

Bagian yang secara langsung mentransfer gaya gerak listrik bolak-balik adalah bagian ketiga yang telah disebutkan sebelumnya. Selain dari komponen tersebut, ada juga komponen lain yang terlibat dalam operasi generator, seperti Shaft (poros), Shaft Bearing (bantalan poros), Bearing (bantalan), Brush Holder (penyangga sikat), dan berbagai komponen lainnya yang mendukung fungsi keseluruhan generator.

b) Rotor

Rotor merupakan bagian dari generator yang berputar dan berguna sebagai tempat untuk belitan medan arus eksitasi yang membentuk kemagnetan listrik dengan kutub-kutub utara-selatan pada inti rotor. Di dalam rotor generator, terdapat juga kumparan jangkar yang berperan dalam menghasilkan gaya gerak listrik yang kemudian diteruskan melalui komutator. Listrik yang dihasilkan oleh komutator dikeluarkan melalui sikat atau brush[11]. Rotor sendiri memiliki tiga komponen utama, yaitu:

1) Slip Ring

Slip ring adalah cincin logam yang mengelilingi poros rotor tetapi terisolasi secara elektrik. Terminal kumparan rotor terhubung ke slip ring ini, dan kemudian arus dapat dihubungkan ke sumber arus searah (DC) melalui sikat atau brush yang berada dalam kontak langsung dengan slip ring tersebut. Slip ring dipakai untuk mentransfer arus listrik dari rotor ke sirkuit eksternal, dan isolasi pada slip ring memastikan bahwa arus tetap mengalir hanya melalui jalur yang diinginkan tanpa mengalami gangguan atau hubungan pendek.

2) Kumparan Rotor (Kumparan Medan)

kumparan medan memiliki peran kunci dalam menghasilkan medan magnet yang diperlukan dalam operasi berbagai perangkat, seperti motor listrik, generator, atau transformator. Kumparan medan mendapatkan arus searah (DC) dari sumber eksitasi tertentu, seperti baterai atau generator arus searah, dan ini menciptakan medan magnet yang mengelilingi kumparan tersebut. Medan magnet ini kemudian berinteraksi dengan komponen lain dalam perangkat tersebut, seperti kumparan stator pada generator, untuk menghasilkan aliran listrik atau gerakan mekanis yang diinginkan. Sehingga, kumparan medan berperan penting dalam mengendalikan operasi perangkat listrik.

3) Poros Rotor

Poros rotor adalah lokasi di mana kumparan medan ditempatkan, dan pada poros rotor ini terdapat slot-slot yang berjajar sejajar dengan poros rotor. Rotor generator sinkron pada dasarnya merupakan elektromagnet besar. Kutub medan magnet rotor bisa berupa kutub menonjol atau kutub silinder.

D. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Generator tiga fasa mempunyai prinsip pengoperasian yang sama dengan generator satu fasa. Pada generator tiga fasa, tiga buah kumparan kawat disusun melingkar dengan jarak antar kumparan masing-masing 120 derajat. Medan magnet yang berputar di tengah tiga kumparan konduktor menginduksi kumparan ini dan menghasilkan tegangan pada setiap kumparan. Menampilkan konfigurasi ini dalam bentuk kurva menghasilkan tiga kurva yang masing-masing dipisahkan sebesar 120 derajat[12].

Pedoman dasar kerja generator secara keseluruhan merupakan sebagai berikut:

- 1) Belitan medan rotor disambungkan ke sumber eksitasi khusus yang menyuplai arus searah ke belitan medan.. Ketika arus searah berjalan melalui kumparan medan, fluks magnet yang dihasilkan selalu konstan sepanjang waktu
- 2) Penggerak utama yang terhubung ke rotor segera dimulai dan rotor mulai berputar pada kecepatan pengenalnya.
- 3) Medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan bergerak seiring dengan putaran rotor. Medan magnet yang berputar pada rotor menginduksi perubahan fluks magnet pada kumparan jangkar di stator. Ketika fluks magnet di sekitar kumparan berubah, gaya gerak listrik (ggl induksi) dihasilkan di ujung kumparan. Dengan mengontrol arus medan (I_f) yang disuplai ke rotor, kekuatan medan magnet di dalam rotor dapat diatur[11], [12].

E. Pengaruh Beban pada Sistem Eksitasi

Karena tegangan keluaran generator AC dapat fluktuatif seiring dengan variasi beban, maka dalam Pengoperasian hampir semua peralatan listrik, dibutuhkan tindakan untuk melindungi agar tegangan tetap stabil. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah dengan memanfaatkan perangkat bantu Ini disebut pengatur tegangan, untuk mengatur tingkat eksitasi medan DC yang diberikan ke generator, sehingga dapat mempertahankan tegangan pada level yang konsisten.

Sebagian besar pengatur tegangan secara tidak langsung mengontrol medan eksitasi generator melalui pengoperasian rangkaian medan eksitasi. Arus yang perlu diatur ini Jauh lebih kecil di lingkaran medan eksitasi dibandingkan dengan iakatan medan generator itu sendiri[13], [14].

F. Efisiensi Generator

Pada generator uap, proses dimulai dengan pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar yang dilapisi oleh sebuah boiler. Panas yang dihasilkan dari pembakaran ini ditransfer melalui pipa-pipa logam ke fluida kerja. Air yang beredar melalui boiler akan mengalami perubahan menjadi uap yang bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi. Selama proses konversi energi kimia menjadi energi panas, ada kerugian sekitar 10% dalam siklus tersebut. Kerugian ini disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dan kehilangan panas ke lingkungan, seperti yang terjadi saat panas terbuang ke udara[6], [15].

Efisiensi generator merupakan perbandingan daya keluaran dan daya masukan [2], [3]. Ini adalah ukuran seberapa baik generator mengubah energi masukan (misalnya, energi mekanis dari penggerak utama) menjadi energi listrik yang tersedia sebagai output. Umumnya diukur dalam persentase, dan semakin tinggi efisiensi, semakin efisien generator dalam mengkonversi energi masukan menjadi listrik tanpa banyak kerugian atau pemborosan energi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Keterangan:

η = Efisiensi

P_{out} = Daya Keluaran

P_{in} = Daya Masukan

G. Pengaruh Perubahan Beban Pada Generator

Peningkatan beban yang ditangani oleh generator seringkali berarti peningkatan dalam aliran daya nyata atau daya reaktif dari generator tersebut [16]. Dengan demikian, peningkatan beban akan menghasilkan peningkatan arus yang mengalir melalui saluran dari generator, dan peningkatan arus ini akan berdampak pada nilai tegangan terminal (V_t).

II. DATA DAN PERHITUNGAN

A. Data Penelitian

Spesifikasi Generator dan Turbin Uap, Data Operasi terdapat Daya Aktif, Power Faktor, Arus dan Tegangan Keluaran Generator, Data Tekanan Masuk dan Keluar Turbin, Data Entalpi dan Entropi Turbin dari Tekanan masukan dan Keluaran Turbin.

Berikut merupakan data spesifikasi generator dan turbin di PLTP Unit 1 Lahendong:

TABEL 1. SPESIFIKASI GENERATOR SINKRON 3 FASA

No	Uraian	Data Teknis
1	Type	T.180-180 x 3 phase
2	Serial No.	500024
3	Year Manufacture	1996
4	Cooling by	Air
5	Rated Output	25 MVA
6	Rated Voltage	11.0000 Voltage
7	Rated Current	1.312 Ampere
8	Power Factor	0.8
9	Water Temperature	35 °C
10	Speed	3000 rpm
11	Frequency	50 Hz
12	Class of Insulation	F
13	Duty	Continuous
14	Excitation	171 Voltage / 476 Ampere
15	Standard	IEC. 34
16	Protection	IP. 55
17	Altitude	< 1000 M

(Sumber : PT. PLN (PERSERO) ULPLTP Lahendong Unit 1)

TABEL 2. SPESIFIKASI TURBIN

Spesifikasi Turbin	
Type	TC. 203 MV 022
Serial No.	E. 300 878
Power	20,000 kW
Main Steam Pressure	8 bara
Main Steam Temperature	171 °C
Exhaust essure	0.115 bara
Speed	3000 rpm

(Sumber : PT. PLN (PERSERO) ULPLTP Lahendong Unit 1)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Mencar Nilai Kualitas Uap

Dalam menghitung nilai dari kualitas uap maka dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$x = \frac{s_1 - s_f}{s_g - s_f}$$

$$x = \frac{6.62124 - 1.63429}{7.02673 - 1.63429}$$

$$x = \frac{4.98695}{5.39244}$$

$$x = 0.92480$$

B. Menghitung nilai dari entalpi keluar turbin pada kondisi isentropis (h_2s)

Dalam menentukan (h_2s) dapat dihitung dengan rumus yaitu:

$$h_2s = h_f + x.(h_g - h_f)$$

$$h_2s = 546.251 + 0.92480 x (2720.04 - 546.251)$$

$$h_2s = 546.251 + 0.92480 x (2173.789)$$

$$h_2s = 546.251 + 2010.32$$

$$h_2s = 2556.58 \text{ kJ/kg}$$

C. Menghitung nilai daya isentropis ($W_{isentropis}$)

Dalam menentukan ($W_{isentropis}$) bisa dihitung nilai daya isentropis menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W_{isentropis} = m.(h_1 - h_2s)$$

$$W_{isentropis} = 135.(2773.04 - 2556.58)$$

$$W_{isentropis} = 135.(216.46)$$

$$W_{isentropis} = 29221.39 \text{ kJ/s}$$

D. Menghitung nilai dari daya aktual turbin (W_{aktual})

Dalam mempermudah perhitungan dalam penelitian ini, nilai dari efisiensi turbin menggunakan asumsi sebesar 85%.

$$W_{aktual} = \eta_{turbin} \times W_{isentropis}$$

$$W_{aktual} = 85\% \times 29221.39$$

$$W_{aktual} = 24838.2 \text{ kJ/s}$$

E. Perhitungan Efisiensi Generator

Dalam mencari perhitungan efisiensi generator dapat menggunakan rumus sebagai berikut. Berikut merupakan perhitungan efisiensi generator :

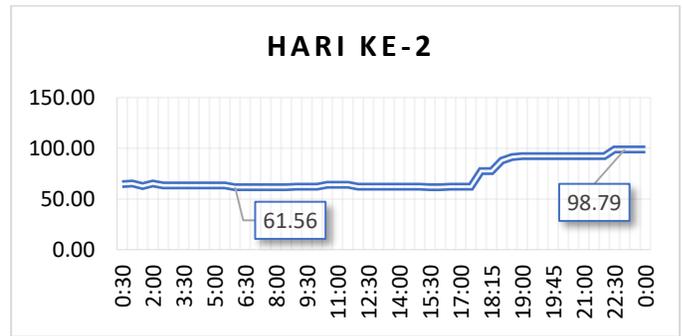
$$\eta_{generator} = \frac{p_{out}}{p_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_{generator} = \frac{15}{24.8382} \times 100\%$$

$$\eta_{generator} = 60.3909 \%$$

TABEL 3. HASIL PERHITUNGAN EFISIENSI GENERATOR

Jam	E.Gen	Jam	E.Gen	Jam	E.Gen	Jam	E.Gen
00.30	60.39	07.00	60.39	13.30	60.95	19.00	88.59
01.00	60.39	07.30	60.39	14.00	60.39	19.15	92.14
01.30	60.39	08.00	60.39	14.30	60.95	19.30	92.14
02.00	60.39	08.30	60.39	15.00	60.95	19.45	92.14
02.30	60.39	09.00	60.39	15.30	60.95	20.00	92.14
03.00	60.39	09.30	60.95	16.00	60.95	20.30	92.14
03.30	60.39	10.00	60.39	16.30	60.39	21.00	92.14
04.00	59.85	10.30	60.95	17.00	60.39	21.30	94.85
04.30	59.85	11.00	60.95	17.30	60.95	22.00	94.85
05.00	59.85	11.30	60.95	18.00	88.59	22.30	94.85
05.30	59.85	12.00	60.39	18.15	88.59	23.00	92.14
06.00	59.85	12.30	60.95	18.30	88.59	23.30	92.14
06.30	60.39	13.00	60.39	18.45	89.51	24.00	64.49



Gambar 2. Grafik Efisiensi Generator hari ke-2

Berdasarkan grafik perubahan beban terhadap efisiensi generator diatas pada hari kedua dapat dilihat bahwa hasil nilai efisiensi terendah pada hari kedua terdapat pada pukul 06:00-08:30 dengan nilai efisiensi sebesar 61.56%, sedangkan nilai efisiensi tertinggi pada hari kedua terdapat pada pukul 22:30-00:00 dengan nilai efisiensi sebesar 98.79%.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

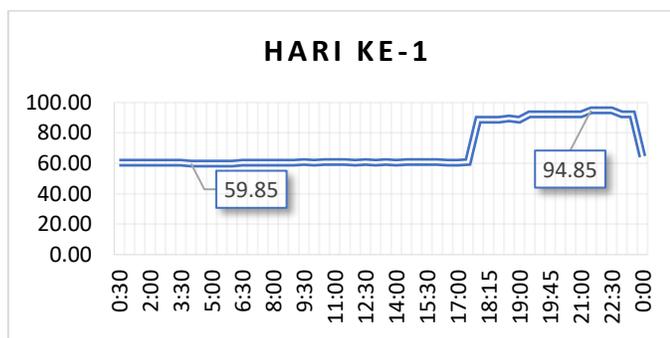
A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan maka penulis dapat menyimpulkan jika semakin besar beban yang diperoleh generator maka efisiensi yang diperoleh akan semakin tinggi dan semakin kecil beban yang didapatkan dari generator maka efisiensi yang diterima akan semakin rendah dan produktifitas generator akan berkurang. Terlihat ketika nilai beban yang dihasilkan generator paling tinggi yaitu 20 MW maka efisiensi yang dicapai mencapai 98,79%. Sedangkan ketika nilai beban yang diperoleh sebesar 15 MW, efisiensi yang dicapai sebesar 57,68%. Oleh karena itu, tingkat efisiensi generator sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya beban yang dihasilkan oleh generator tersebut.

Pergantian beban yang ada pada generator dikarenakan oleh timbulnya koefisien rugi-rugi pada generator, antara lain rugi-rugi panas pada belitan, rugi-rugi inti generator, dan rugi-rugi mekanis dari pergesekan dengan udara sementara sementara. Serta kehilangan panas yang dihasilkan oleh inti dan belitan generator akan dipengaruhi oleh sistem pendingin generator.

B. Saran

Dalam mengoperasikan generator diharapkan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Lahendong lebih memperhatikan setiap peralatan yang terpasang pada generator dengan cara melakukan pengecekan untuk setiap bagian sesuai prosedur baku yang berlaku untuk menjaga dan meningkatkan kinerja generator serta memberikan lebih banyak perhatian pada setiap pengoperasiannya sehingga apabila terjadi kerusakan atau gangguan pada alat akan segera dilakukan perawatan agar alat dapat beroperasi dan berjalan secara akurat dan optimal dalam jangka waktu yang lama.



Gambar 1. Grafik Efisiensi Generator hari ke-1

Berdasarkan grafik perubahan beban terhadap efisiensi generator diatas pada hari pertama dapat diperhatikan bahwa hasil nilai efisiensi terendah pada hari pertama terdapat pada pukul 04:00-06:00 dengan nilai efisiensi sebesar 59.85%, sedangkan nilai efisiensi tertinggi pada hari pertama terdapat pada pukul 21:30-22:30 dengan nilai efisiensi sebesar 94.85%.

Untuk perhitungan jam selanjutnya ditampilkan pada tabel berikut :

TABEL 4.
 HASIL PERHITUNGAN EFISIENSI GENERATOR

Jam	E.Gen	Jam	E.Gen	Jam	E.Gen	Jam	E.Gen
00.30	64.49	07.00	61.56	13.30	62.14	19.00	92.14
01.00	65.12	07.30	61.56	14.00	62.14	19.15	92.14
01.30	62.73	08.00	61.56	14.30	62.14	19.30	92.14
02.00	65.12	08.30	61.56	15.00	62.14	19.45	92.14
02.30	63.32	09.00	62.14	15.30	61.56	20.00	92.14
03.00	63.32	09.30	62.14	16.00	61.56	20.30	92.14
03.30	63.32	10.00	62.14	16.30	62.14	21.00	92.14
04.00	63.32	10.30	63.93	17.00	62.14	21.30	92.14
04.30	63.32	11.00	63.93	17.30	62.14	22.00	92.14
05.00	63.32	11.30	63.93	18.00	77.47	22.30	98.79
05.30	63.32	12.00	62.14	18.15	77.47	23.00	98.79
06.00	61.56	12.30	62.14	18.30	87.69	23.30	98.79
06.30	61.56	13.00	62.14	18.45	91.16	24.00	98.79

V. KUTIPAN

- [1] “Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Artikel. Diakses Pada 28 Januari 2023.” <http://ditjenppi.menlhk.go.id/kcpi/index.php/inovasi/358-pembangkit-lisrik-tenaga-panas-bumi#:~:text=Secara%20sederhana%2C%20Pembangkit%20Listrik%20Tenaga,lokasi%20turbin%20untuk%20menggerakkan%20turbin> (accessed Sep. 08, 2023).
- [2] R. Manangka, G. C. Mangindaan, and H. Tumaliang, “Analisa Pengaruh Perubahan Beban terhadap Efisiensi Generator Sinkron 3 Fasa di PLTP Lahendong Unit 3”.
- [3] M. Manguma, A. Sompotan, and J. Nusa, “PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI GENERATOR DI UNIT 2 PLTP LAHENDONG,” vol. 2, 2021.
- [4] A. K. Wijaya and D. Nugroho, “Analisa Efisiensi Kinerja Generator G-101 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi,” vol. 4, no. 1, 2022.
- [5] A. A. M. Fahdita, “TA: EVALUASI BUKAAN WICKET GATE DAN PINTU AIR TERHADAP PUTARAN GENERATOR PADA VERY LOW HEAD WATER TURBINE,” PhD Thesis, Institut Teknologi Nasional Bandung, 2020.
- [6] M. Muharrir and I. Hajar, “Analisis Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power UJJP Kamojang,” *KILAT*, vol. 8, no. 2, pp. 93–102, Oct. 2019, doi: 10.33322/kilat.v8i2.643.
- [7] S. Bandri, “Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Genertor Sinkron (Aplikasi Pltg Pauh Limo Padang),” *J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 42–48, 2013.
- [8] S. PRANATA, “PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN PERMESINAN BANTU GENERATOR KAPAL NEGARA TRISULA DI KESATUAN PENJAGAAN LAUT DAN PANTAI (KPLP) TANJUNG PINANG,” *KARYA TULIS*, 2019.
- [9] Z. A. A. Sagala, “ANALISA PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI GENERATOR PLTMG GUNUNG BELAH,” PhD Thesis, Politeknik Negeri Jakarta, 2022.
- [10] Z. Anthony, “GENERATOR SINKRON”.
- [11] R. N. LUBIS, “ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI GENERATOR KAPASITAS 12 MW DENGAN METODE TRIAL AND ERROR DI PT PERMATA HIJAU PALM OLEO BELAWAN,” PhD Thesis, 2022.
- [12] M. F. Rozy, “ANALISA GANGGUAN PADA GENSET (PP 17) MERK DENYO 3 FASA, 350 kVA, 380 V DI PT. MERATUS LINE SURABAYA,” 2014.
- [13] M. Harahap, Y. T. Nugraha, M. Adam, and M. S. Nasution, “Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator,” *RELE Rekayasa Elektr. Dan Energi J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 71–76, 2021.
- [14] M. Farhan, “Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 PLTMH Curug,” *J. Simetrik*, vol. 11, no. 1, pp. 398–403, 2021.
- [15] D. Oktavian and R. N. R. DR, “Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator Pada PLTA Wonogiri,” PhD Thesis, Universitas Muhammadiyah
- Surakarta, 2021.
- [16] P. R. H. Marpaung, H. Hamzah, and D. Setiawan, “Studi Perubahan Beban Terhadap Kinerja Avr Pada Generator Sinkron Unit 2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Pt Ubjom Tenayan Raya,” in *SENKIM: Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, 2021, pp. 96–109.



Abigael A. Apouw, penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara. Lahir di Tomohon, 25 Mei 2001, Sulawesi Utara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di TK Bait-Lahim Talete 1 Kota Tomohon pada tahun 2006-2007 dan kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar. Lalu melanjutkan di SD GMIM II Tomohon pada tahun 2007 hingga 2013. Penulis kemudian bersekolah di SMP Lentera Harapan Tomohon pada tahun 2013 hingga 2016 dan melanjutkan pendidikan di SMA Lentera Harapan pada tahun 2016 hingga lulus pada tahun 2019. Penulis melanjutkan pendidikannya di Universitas Sam Ratulangi Manado, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro pada tahun 2019. Penulis melakukan kerja praktik di PT Jago Elfah Anugrah pada bulan juni sampai agustus. Penulis juga merupakan anggota kepengurusan organisasi Himpunan Mahasiswa Elektro.