

Analisis Kinerja Turbin Gas pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Unit 4 di PT PLN Indonesia Power Bali PGU

Syafira Rahmaniar^{1,*}, Bambang Puguh M¹, Indriyani¹

¹Politeknik Negeri Bandung

Jalan Gegerkalong Hilir, Desa Ciwaruga, Bandung, 40012

E-mail: syafira.rahmaniar.tken21@polban.ac.id*

Abstract

This research discusses the comparison of gas turbine performance in ideal and actual conditions at PLTG unit 4 at PT PLN Indonesia Power Bali PGU. The performance of a gas turbine can be seen from the network and thermal efficiency of the cycle produced. Ideal conditions are the expected conditions, while actual conditions are conditions where a component works in actual conditions. Based on research conducted, the ideal efficiency value is 43.04%, while the actual efficiency value is only 18.23%. The turbine work values in ideal conditions ($\dot{W}_t$) and ideal efficiency (η_{th}) have greater values than the actual turbine work ($\dot{W}_t$) and actual efficiency (η_{th}). Meanwhile, the ideal fuel consumption (SFC) value is lower/more economical, namely 0.16372 kg/kWh compared to actual fuel consumption (SFC), namely 0.4912 kg/kWh. This difference is caused by isentropic conditions when the turbine is working, some of the heat energy entering the turbine is not utilized due to friction between the parts in the turbine or vibration which is a source of irreversibility in the turbine.

Keywords: Gas Turbine, PLTG, Performance

Abstrak

Penelitian ini membahas perbandingan kinerja turbin gas kondisi ideal dan aktual pada PLTG unit 4 di PT PLN Indonesia Power Bali PGU. Kinerja turbin gas dapat dilihat dari kerja bersih dan efisiensi termal siklus yang dihasilkan. Kondisi ideal merupakan kondisi yang diharapkan sedangkan kondisi aktual merupakan kondisi dimana suatu komponen bekerja dalam kondisi sesungguhnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan nilai efisiensi ideal sebesar 43,04% sedangkan untuk nilai efisiensi aktual hanya sebesar 18,23%. Nilai kerja turbin kondisi ideal ($\dot{W}_t$) dan efisiensi ideal (η_{th}) memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan kerja turbin aktual ($\dot{W}_t$) dan efisiensi aktual (η_{th}). Sedangkan untuk nilai konsumsi bahan bakar ideal (SFCs) lebih rendah/hemat yaitu 0,16372 kg/kWh dibandingkan konsumsi bahan bakar aktual (SFC) yaitu 0,4912 kg/kWh. Perbedaan tersebut disebabkan adanya kondisi isentropik pada saat turbin bekerja sebagian energi panas yang masuk kedalam turbin tidak termanfaatkan karena adanya gesekan antara bagian-bagian dalam turbin ataupun vibrasi yang merupakan sumber irreversibilitas pada turbin.

Kata Kunci: Turbin Gas, PLTG, Kinerja

1. Pendahuluan

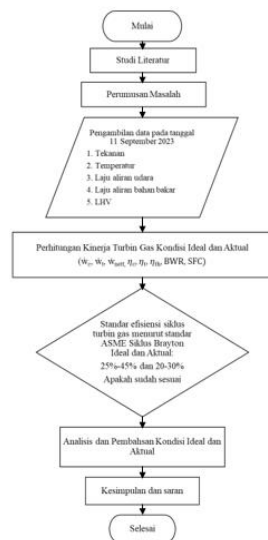
PT PLN Indonesia Power Bali PGU Sub Unit Pesanggaran memiliki 6 unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) yang menghasilkan 285 MW dari 1.030 MW kebutuhan listrik Bali. Salah satunya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Gas Unit 4 dengan daya terpasang 42 MW dan daya mampu 36,2 MW. Berdasarkan hasil uji performance test pada tahun 2018 didapatkan nilai efisiensi termal PLTG sebesar 27,74% dan uji performance test tahun 2021 didapatkan efisiensi termal PLTG sebesar 24.61%. Terjadi penurunan efisiensi termal sebesar 3,13% pada PLTG Unit 4. Oleh karena itu, kinerja setiap komponennya perlu diperhatikan.

Memperhatikan kinerja turbin gas merupakan salah satu cara untuk melihat seberapa handal sebuah sistem PLTG dalam menghasilkan energi listrik. Oleh karena itu untuk mengetahui kinerja sebuah turbin gas

pada sistem PLTG dapat dilihat dari nilai kerja *nett* (kerja bersih) turbin gas dan nilai efisiensi termal siklus. Dimana dengan kedua parameter tersebut akan didapat gambaran mengenai nilai kerja kompresor, kerja turbin gas, efisiensi kompresor, efisiensi turbin gas, panas yang masuk sistem, rasio kerja kompresor terhadap turbin, nilai konsumsi bahan bakar, kerja bersih turbin gas, dan nilai efisiensi siklus sistem PLTG. Dengan acuan tersebut, penulis ingin menganalisis kinerja turbin gas kondisi ideal dan aktual PLTG Unit 4 di PT PLN Indonesia Power Bali PGU Sub Unit Pesanggaran.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan melalui pengujian perbandingan kinerja turbin gas pada PLTG unit 4 di PT PLN Indonesia Power Bali PGU



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada bab ini akan dibahas mengenai perhitungan kinerja turbin gas pada kondisi ideal dan aktual yang mengacu pada nilai kerja bersih turbin, efisiensi termal siklus, dan nilai SFC.

3. Hasil dan Pembahasan

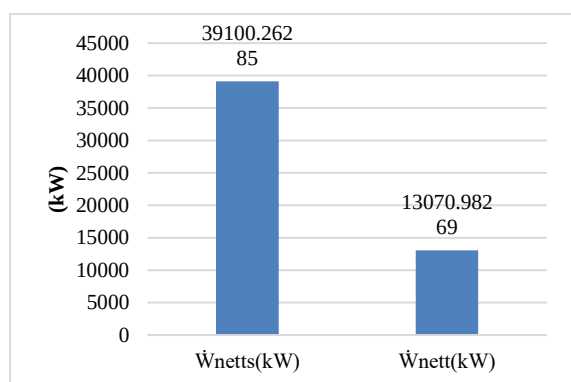
3.1 Hasil Perhitungan Kondisi Ideal

$\dot{W}_{netts}$ (kW)	η_{ths} (%)	SFCs (kg/kWh)
39097,12	43,04	0,163715
39106,07	43,03	0,163682
39100,60	43,04	0,163707
39100,26	43,04	0,163702

3.2 Hasil Perhitungan Kondisi Aktual

$\dot{W}_{nett}$ (kW)	η_{th} (%)	SFC (kg/kWh)
13035,66	18,18	0,491022
13056,71	18,21	0,490230
13090,15	18,25	0,488978
13070,98	18,23	0,489696

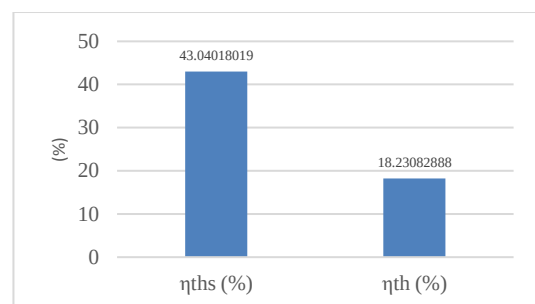
Setelah dilakukan perhitungan pada kondisi ideal dan aktual maka dilakukan analisis perbandingan dari hasil perhitungan tersebut dengan grafik berikut:



Gambar 2. Grafik Perbandingan Kerja Bersih Turbin Kondisi Ideal dan Aktual

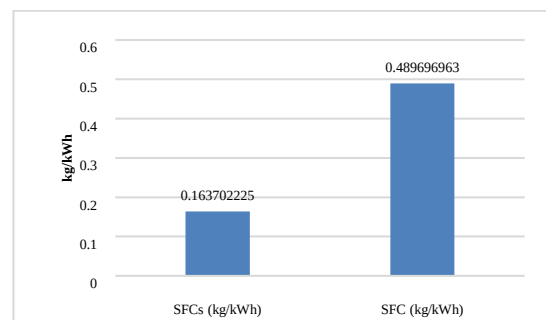
Nilai kerja bersih turbin ideal ($\dot{W}_{netts}$) sebesar 39100,26 kW sedangkan untuk kondisi aktual nilai

kerja turbinnya jauh lebih kecil daripada nilai kerja kompresornya yang jauh lebih besar, sehingga nilai kerja bersih turbin ($\dot{W}_{nett}$) yang diperoleh sebesar 13070,98 kW. Perbedaan tersebut disebabkan adanya kondisi isentropik saat proses ekspansi pada turbin berlangsung, berdasarkan diagram Ts siklus Brayton, nilai entropi pada saat proses ekspansi konstan namun kenyataannya ada perubahan nilai entropi yang dibuktikan dengan nilai temperatur ideal gas buang keluaran turbin $T_{4s} = 740,721K$ sedangkan temperatur aktual gas buang keluaran turbin $T_4 = 796,82K$. Secara aktual temperatur gas buang keluaran turbin lebih tinggi hal ini bisa disebabkan pada saat turbin bekerja sebagian energi panas yang masuk kedalam turbin tidak termanfaatkan karena adanya gesekan antara bagian-bagian dalam turbin ataupun vibrasi yang menjadi sumber-sumber irreversibilitas pada turbin.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Efisiensi Termal Siklus Kondisi Ideal dan Aktual

Pada gambar dibuktikan efisiensi termal siklus ideal yaitu 43,04% sedangkan efisiensi termal siklus aktual hanya 18,18%. Pada efisiensi termal siklus ideal nilai efisiensi siklus sudah memenuhi standar yang digunakan yaitu standar efisiensi termal siklus Brayton ideal 25-45%, sedangkan untuk efisiensi termal siklus aktualnya masih dibawah nilai standar efisiensi termal siklus Brayton aktual 20-25%. Efisiensi termal siklus juga dipengaruhi oleh kerja netto turbin gas ($\dot{W}_{nett}$ dan $\dot{W}_{netts}$) yang dihasilkannya, semakin besar kerja netto turbin gas ($\dot{W}_{nett}$ dan $\dot{W}_{netts}$) maka semakin besar juga efisiensi termal yang dihasilkan karena turbin gas memiliki fungsi utama yaitu mengubah energi panas menjadi energi mekanik.



Gambar 4. Grafik Perbandingan SFC Kondisi Ideal dan Aktual

Menunjukkan seberapa banyak konsumsi bahan bakar sistem untuk membangkitkan 1 kWh listrik netto terhadap seberapa efisien proses konversi energi termal siklus Brayton PLTG. Gambar 4.4 menunjukkan konsumsi bahan bakar rata-rata turbin gas kondisi ideal mencapai 0,1637 kg/kWh artinya untuk menghasilkan 1 kWh energi listrik dibutuhkan 0,1637 kg bahan bakar yang mana dapat menghasilkan efisiensi termal sebesar 43,04%. Begitupun dengan konsumsi bahan bakar rata-rata turbin gas kondisi aktual yaitu 0,4910 kg/kWh yang dapat menghasilkan efisiensi termal sebesar 18,23%. Dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar pada kondisi ideal jauh lebih rendah/hemat dibandingkan dengan aktualnya hal ini dapat terjadi karena pada kenyataannya turbin tidak dapat 100% menghasilkan kerja sehingga adanya kerugian yang tidak bisa dihindari yang mempengaruhi nilai konsumsi bahan bakar yang digunakan.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Hasil perhitungan kinerja turbin gas kondisi ideal didapatkan nilai kerja bersih turbin 39100,26 kW dengan efisiensi termal siklus ideal (η_{ths}) yang dihasilkan 43,04%, dan membutuhkan bahan bakar sebanyak 0,1637 kg/kWh. Sedangkan hasil perhitungan kinerja turbin gas kondisi aktual didapatkan nilai kerja bersih turbin 13070,98 kW dengan efisiensi termal siklus aktual (η_{th}) yang dihasilkan 18,23% dan membutuhkan bahan bakar sebanyak 0,4899 kg/kWh.
2. Nilai kinerja turbin gas pada kondisi ideal dan aktual memiliki perbedaan yang cukup besar, hal ini dikarenakan terjadinya penyimpangan pada proses-proses yang terjadi pada sistem pembangkit listrik tenaga gas. Berdasarkan diagram T-s siklus Brayton, secara ideal proses kompresi dan ekspansi terjadi secara isentropik dimana pada saat proses kompresi isentropik tidak terjadi pertukaran atau perpindahan panas dengan lingkungan, nilai temperatur dan tekanan udara meningkat sama halnya pada proses ekspansi isentropik, tidak terjadi pertukaran atau perpindahan panas ke lingkungan namun nilai temperatur dan tekanan menurun dan turbin menghasilkan kerja yang digunakan untuk menggerakkan kompresor dan generator. Pada kondisi aktual proses kompresi dan ekspansi terjadi dengan adanya pertukaran dan perpindahan panas ke lingkungan, yang dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi selain itu secara aktual pada saat turbin bekerja sebagian energi panas yang masuk kedalam turbin tidak dapat dimanfaatkan sehingga terbuang begitu saja. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan yang diperoleh dimana nilai kerja bersih turbin pada kondisi ideal ($\dot{W}_{netts}$) jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai kerja bersih

turbin kondisi aktual ($\dot{W}_{net}$) dan nilai efisiensi termal siklus ideal (η_{ths}) jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai efisiensi termal siklus aktual (η_{th}). Sedangkan untuk nilai konsumsi bahan bakarnya dikarenakan pada kondisi aktual terdapat kerugian-kerugian panas yang terjadi menyebabkan penggunaan bahan bakar pada kondisi aktual jauh lebih banyak dibandingkan pada kondisi ideal.

Daftar Pustaka

- [1] Ath-Tholla'u Ahmad Aldium. 2018. "Pengaruh Combustion Instection, Turbin Inspection, dan Major Inspection Terhadap Unjuk Kerja Turbin Gas Unit 1.2 PLTGU PT PJB UP Gresik". Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [2] Eko Saputro, Yon. 2014. "Kajian Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Gas G4 Pt Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Bali". Universitas Udayana Denpasar.
- [3] Gilberto Francisco Martha de Souza. 2012. "Thermal Power Plant Performance Analysis". Department of Mechatronics and Mechanical Systems Polytechnic School University of São Paulo
- [4] Haleonar Mycson K S, Abdel Ghofur. 2020. "Analisa Performa Turbin Gas Tipe CW251 B11 Pada System Pembangkitan Listrik Tenaga Gas Sektor Pembangkitan Bali". Universitas Lambung Mangkurat.
- [5] Ir Nayono, Lukman Budiono. 2018. "Analisis Efisiensi Turbin Gas Terhadap Beban Operasi PLTGU Muara Tawar Blok 1". Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [6] Meherwan P. Boyce, Ph.D., P.E. 2006. "Gas Turbine Engineering Handbook". Gulf Professional Publishing.
- [7] Michael J. Moran, N. Saphiro. 2004. "Fundamentals Of Engineering Thermodynamics". Penerbit Erlangga.
- [8] Musa Aleksander Partogi, I G B Wijaya Kusuma. 2018. "Analisa Unjuk Kerja Sistem PLTG di PT Indonesia Power Unit Pembangkitan Bali". Universitas Udayana.
- [9] Mustaghfirin Amin. 2013. "Gas Turbine Engine 1". Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- [10] Mustaghfirin Amin. 2013. "Gas Turbine Engine 2". Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia