

PENGARUH BEBAN GENERATOR TERHADAP EFISIENSI TURBIN GAS

Farhan Razky Zandry^{1*}

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Km 12,5
Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia.

*E-mail : ¹farhanrazky.wrkg@gmail.com, ²rahmat.iman@yahoo.com

ABSTRAK

Turbin gas merupakan mesin yang memanfaatkan energi panas sehingga dapat menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros yang menghasilkan daya. Daya dari poros tersebut dapat digunakan untuk menggerakkan beban seperti generator listrik dan kompresor. Turbin gas pada pembangkit listrik dirancang seporos dengan generator sehingga dapat melakukan konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Pada saat pengoperasiannya, turbin gas kadang-kadang mengalami perubahan beban untuk menyesuaikan kebutuhan daya listrik konsumen yang sewaktu-waktu berubah. Akibat dari perubahan beban tersebut efisiensi dari turbin gas itu sendiri akan berubah saat merespon perubahan yang terjadi. Pada hasil perhitungan, diperoleh efisiensi tertinggi yaitu 23% disaat beban generator sebesar 96 MW dan efisiensi terkecil yaitu 11% disaat beban generator sebesar 35 MW. Hasil ini menunjukkan bahwa beban generator dan efisiensi turbin gas itu berbanding lurus.

Kata Kunci : beban, generator, turbin gas, efisiensi, siklus brayton

ABSTRACT

Gas turbine is a machine that utilizes heat to produce mechanical energy in the form of shaft rotation to produce power. The power from the shaft rotation can be used to drive loads such as generators and compressors. Gas turbine used in power plants are designed in line with generators to be able to convert mechanical energy into electrical energy. During its operation, a gas turbine can experience changes in load to adjust the need of electrical power of consumers which change from time to time. As a result of the change of load, the efficiency of the turbine gas itself will change responding to the change that happen. In results of the calculation, it is found that the highest efficiency is 23% when the generator load is 96 MW and the lowest efficiency is 11% when the generator load is 35 MW. This shows that the generator load and gas turbine efficiency are directly propotional.

Keywords : load, generator, gas turbine, efficiency, brayton cycle

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga gas adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan gas alam untuk menggerakkan turbin yang disusun dengan generator sehingga dapat dihasilkan energi listrik dari generator tersebut. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga gas sama dengan pembangkit listrik tenaga uap, yang membedakannya ialah tidak adanya boiler pada turbin gas yang digunakan untuk mendidihkan air.

Turbin gas adalah mesin yang dirancang untuk mengubah energi panas menjadi energi mekanik

berupa putaran poros sehingga menghasilkan daya. Daya dari poros tersebut dapat digunakan untuk menggerakkan beban seperti generator listrik, pompa, dan kompresor.

Turbin gas secara umum terdiri dari 3 komponen-komponen utama yang disusun menjadi satu, antara lain kompresor, *combustion chamber*, dan turbin. Kompresor adalah alat mekanik yang berfungsi untuk menaikkan tekanan fluida kompresibel, yaitu gas atau udara. Udara yang masuk kedalam kompresor kemudian digunakan untuk memasok udara bertekanan kedalam ruang bakar. *Combustion chamber* atau ruang bakar adalah ruangan tempat

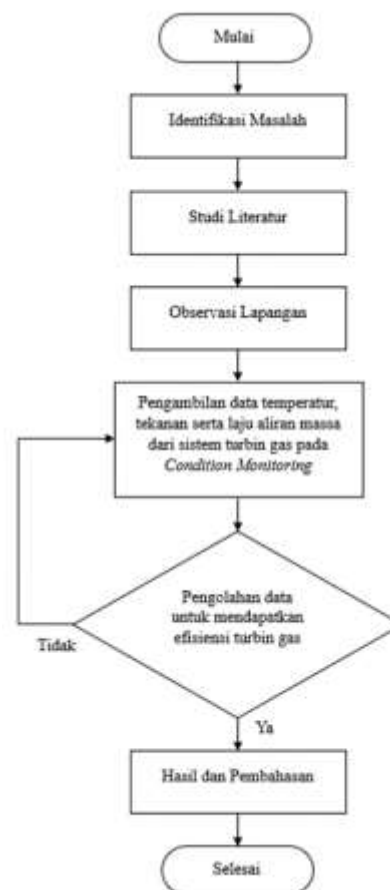
terjadinya proses pembakaran. Pada turbin gas, biasanya *combustion chamber* dipasang dengan komponen-komponen yang menunjang proses pembakaran, seperti *fuel nozzle*, *combustion liner*, *transition piece*, *igniter*, dan *flame detector*. Setelah melalui proses kompresi kemudian proses pembakaran pada ruang bakar, terjadi proses ekspansi gas hasil pembakaran pada turbin. Karena terjadi perubahan energi kinetik, gas pembakaran ini akan diubah menjadi energi mekanik pada poros turbin.

Turbin gas pada umumnya beroperasi pada siklus terbuka (*open cycle*). Udara pada kondisi *ambient* masuk ke kompresor, dimana terjadi kenaikan temperatur dan tekanan. Udara bertekanan tinggi tersebut kemudian diproses ke *combustion chamber*, dimana bahan bakar dimasukkan dan dibakar pada tekanan konstan. Gas hasil campuran bertemperatur tinggi kemudian melewati turbin sehingga terjadi ekspansi ke tekanan atmosfer sekaligus menghasilkan daya. Gas buang yang meninggalkan turbin tidak digunakan kembali, sehingga siklus ini disebut dengan siklus terbuka (*open cycle*).

Turbin gas memiliki peranan penting dalam memenuhi kebutuhan listrik dan uap panas untuk kebutuhan industri. Pada pengoperasiannya, turbin gas kadangkala mengalami perubahan beban untuk menyesuaikan kebutuhan daya listrik konsumen yang sewaktu-waktu berubah. Akibat dari perubahan beban tersebut, kinerja dari masing-masing komponennya seperti kompresor maupun turbin akan terpengaruh dengan merespon perubahan yang terjadi. Sehingga dengan mengetahui efisiensi pada tiap-tiap beban yang dianalisa, dapat diketahui seperti apa pengaruh beban operasional turbin gas tersebut terhadap efisiensi turbin gas.

METODE

Metode yang digunakan untuk menganalisis pengaruh beban generator terhadap efisiensi turbin gas ini adalah dengan melakukan observasi di lapangan secara langsung untuk mendapatkan gambaran terhadap permasalahan. Penelitian dimulai dengan melakukan identifikasi masalah yang ada, yaitu pengaruh beban generator terhadap efisiensi turbin gas kemudian dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan teori dan metode yang dapat mendukung penyelesaian masalah. Pengambilan data dilakukan di *control room* tepatnya pada *monitoring record* yang sudah mencakup seluruh data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan dan analisis. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Data operasional turbin gas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Operasional Turbin Gas

Load (MW)	$\dot{m}_a$ (kg/s)	$\dot{m}_f$ (kg/s)	T_1 (K)	T_2 (K)	T_3 (K)	T_4 (K)	P_1 (kPa)	P_2 (kPa)
35	3,4302171	178,3712895	303,18	651,52	1052,83	694,77	99,1803766	1001,6405859
60	4,5257500	235,3389993	305,79	677,34	1188,32	762,83	99,0051985	1157,4273161
86	5,9487128	309,3330646	305,96	702,13	1294,79	821,35	98,8076526	1336,1193118
96	6,5242677	339,2619228	302,95	700,23	1310,85	819,61	99,1225985	1399,8990464

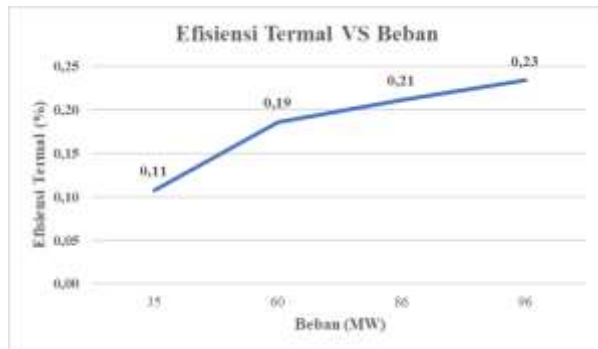
Data yang telah ditabulasikan akan dihitung dengan menggunakan pendekatan berdasarkan prinsip-prinsip termodinamika yang berlaku. Hasil perhitungan diperoleh dengan bantuan software *Microsoft Excel* dan *Thermodynamics Properties Tables and Charts* sehingga diperoleh nilai entalpi, panas masuk sistem, efisiensi turbin dan kompresor serta daya bersih sistem sehingga didapatkan nilai efisiensi dari turbin gas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data turbin gas dapat dilihat pada Tabel 2. dan Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Pengolahan Data Turbin Gas

Load (MW)	$\dot{Q}_{in}$ (kJ/s)	η_c	η_T	W_c (kJ/s)	W_T (kJ/s)	W_{net} (kJ/s)	η_{th}
35	80928,94	0,81	0,72	63833,73	72533,35	8699,61	0,11
60	137951,01	0,83	0,72	90127,78	115811,50	25683,72	0,19
86	212569,60	0,85	0,71	126631,37	171614,18	44982,81	0,21
96	240445,89	0,86	0,72	139219,52	195479,85	56260,33	0,23



Gambar 2. Grafik Perbandingan Efisiensi Termal Turbin Gas vs Beban Generator

Gambar 4.1 diatas menunjukkan pengaruh beban terhadap efisiensi turbin gas. Dimana hubungan antara beban dengan efisiensi turbin gas berbanding lurus, semakin besar beban turbin gas maka semakin besar juga efisiensi dari turbin gas.

Efisiensi tertinggi diperoleh pada beban 96 MW, dimana energi panas yang masuk ke turbin gas ialah sebesar 240445,89 kJ/s dengan daya netto sebesar 56260,33 kJ/s. Sedangkan efisiensi terkecil didapatkan pada beban 35 MW, dimana energi panas yang masuk ke turbin gas ialah sebesar 80928,94 kJ/s dengan daya netto sebesar 8699,61 kJ/s.

Pada turbin gas, beban yang semakin naik mengakibatkan efisiensi termal turbin gas semakin naik. Hal ini disebabkan dengan semakin tingginya beban operasi turbin gas, maka semakin tinggi juga daya yang dihasilkan oleh kompresor dan turbin sehingga daya bersih turbin gas meningkat. Dengan naiknya daya kompresor, tekanan dan temperatur fluida yang dikompresi semakin meningkat seiring dengan laju aliran massa fluida yang dikompresi. Sama dengan kompresor, daya turbin yang naik mengakibatkan temperatur fluida yang dibakar semakin meningkat bersamaan dengan laju aliran massa fluida yang mengalami proses pembakaran. Laju aliran massa fluida yang meningkat berarti konsumsi udara dan bahan bakar juga meningkat, sehingga juga terjadi peningkatan energi panas yang masuk ke sistem turbin gas ($\dot{Q}_{in}$).

KESIMPULAN

Adapun dari analisis yang telah dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Turbin gas adalah mesin yang memanfaatkan fluida kompresibel untuk menghasilkan energi mekanik, dengan menggunakan sistem kompresi dan ekspansi yang terhubung dengan satu poros sehingga dihasilkan gerakan putar. Energi mekanik yang dihasilkan pada sebuah turbin gas dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan generator.
2. Efisiensi termal turbin gas meningkat seiring dengan bertambahnya beban dari turbin gas. Efisiensi tertinggi diperoleh pada beban 96 MW, yaitu sebesar 23%. Sedangkan efisiensi terkecil didapatkan pada beban 35 MW, yaitu sebesar 12%.
3. Pada turbin gas, beban yang semakin naik mengakibatkan efisiensi termal turbin gas semakin naik. Karena dengan semakin tingginya beban operasi turbin gas, maka semakin tinggi juga daya yang dihasilkan oleh kompresor dan turbin sehingga daya bersih turbin gas meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Ikhsanul. 2019. ANALISA PENGARUH VARIASI BEBAN TERHADAP UNJUK KERJA SISTEM TURBIN GAS DI PT. RIAU POWER – PEKANBARU. Perpustakaan Universitas Islam Riau. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
- Arif, Sholi K. 2018. ANALISIS TERMODINAMIKA UNJUK KERJA TURBIN GAS PLTGU GT 2.3 DI PT PJB UP GRESIK SEBELUM DAN SETELAH COMBUSTION INSPECTION. Tugas Akhir Diploma. Program Studi Diploma III Departemen Teknik Mesin Industri ITS.
- Bathie, William W. 1996. Fundamental of Gas Turbine. New York: Wiley.
- Buana, C., Suwasti, S., Arman, A., & Hafizh, H. (2019). Analisis Pengaruh Tekanan dan Temperatur Udara Terhadap Kinerja Turbin Gas pada Sistem PLTGU pada PT. Consolidate Electric Power Asia. Jurnal Teknik Mesin Sinergi, 16(2), 162–168.
- Cengel, Yunus A., Boles, Michael A. 2016. Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th ed. New York: Mc-Graw Hill.
- Hermawan, Henhen, Lazuardi, Dedi dan Sentana, Agus. 2013. MENINGKATKAN KINERJA TURBIN GAS PT. INDONESIA UBP PRIOK “DILIHAT DARI PENGARUH

- UDARA LINGKUNGAN SEKITAR".
Instutional Repositories & Scientific Journals.
- Island, Nadhifah Hidayati. 2017. KAJI PERFORMA TURBIN GAS SEBELUM DAN SESUDAH OVERHAUL COMBUSTION INSPECTION DI GTG UTILITAS I PABRIK PT. PETROKIMIA GRESIK. Tugas Akhir Diploma. Program Studi Diploma III Departemen Teknik Mesin Industri ITS.
- Iswanto, Herman dan Asral. 2020. ANALISIS AKTUAL EFISIENSI TURBIN GAS TYPE MS5001PA. Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik, 7(2).
- Maulana, Reynaldi Shabir. 2018. ANALISIS PENGARUH VARIASI BEBAN TURBIN GAS TERHADAP KINERJA SIKLUS GABUNGAN PLTGU BLOK 1 DI PT. INDONESIA POWER UPJP PERAK GRATI PASURUAN. Tugas Akhir Diploma. Program Studi Diploma III Departemen Teknik Mesin Industri ITS.
- Tambunan, Friska Oktavina Nauli Br., Ramansyah, Dikky dan Hasan, Faisal Fahmi. 2023. ANALISIS PENGARUH AMBIENT TEMPERATURE TERHADAP SPESIFIC FUEL CONSUMPTION(SFC) DI PLTG GLUGUR. Konferensi Nasional Social dan Engineering Politeknik Negeri Medan, 4(1), 866-873.