

ANALISIS ENERGI PADA UNIT 2 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS (PLTG) TELUK LEMBU KAPASITAS 21.6 MW

Nur Indah Rivai¹, Awaludin Martin²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
¹nurindahrivai11@gmail.com, ²awaludinmartin01@gmail.com

ABSTRACT

Electrical energy is energy that is needed by society and industry. To fulfill this need, many power plants were built in Indonesia. Gas Turbine Power Plant (PLTG) is one type of power plant that supplies electricity in Indonesia. The installed power capacity of PLTG in Indonesia is 3,591 MW or 9.6% of the total power plant. PLTG spending in Indonesia is the fastest among other types of power plants, which is equal to 10% per year. This energy analysis is carried out by taking samples of the Teluk Lembu PLTG with a capacity of 21.6 MW. The purpose of this study is to calculate the thermal efficiency of a generator. And from the results of the calculation analysis, it was found that the compressor worked 3.40 MW, the heat entering was 65.75 MW, the work of the 48.63 MW turbine, the net work of 15.92 MW and the efficiency thermal was 24.23%

Keywords: Gas turbine power plant, energy, efficiency thermal

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat dan industri. Untuk pemenuhan kebutuhan ini, maka dibangunlah banyak pembangkit listrik di Indonesia. Energi listrik yang besar dan kontiniu tidak tersedia secara alami di alam ini oleh sebab itu dibutuhkan suatu alat yang dapat mengubah energi dari bentuk lain menjadi energi listrik [1].

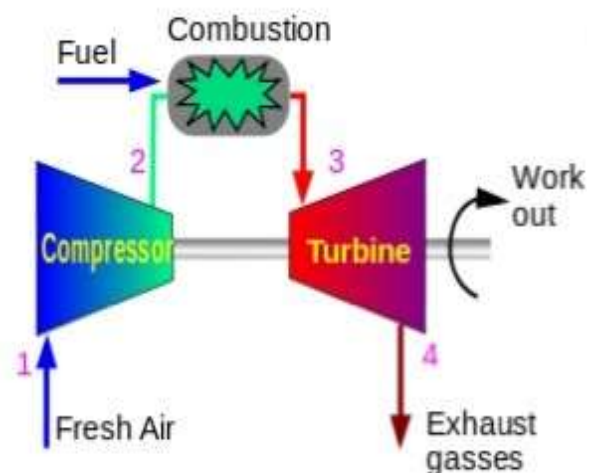
Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik utama yang memasok kebutuhan listrik di Indonesia. Kapasitas daya terpasang seluruh PLTG di Indonesia adalah 3.591 MW atau 9,6% dari total pembangkit listrik[2]. Pertumbuhan PLTG di Indonesia merupakan yang tercepat diantara jenis pembangkit listrik lainnya, yaitu sebesar 10% per tahun[3]. Selain waktu pembangungan yang lebih singkat, PLTG memiliki keunggulan yaitu waktu *start up* lebih pendek dan fleksibilitas terhadap beban operasi yang berubah-ubah[4]. Dari uraian diatas maka penulis tertarik untuk membahas lebih rinci dan spesifik lagi mengenai “Analisis Energi pada Unit 2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Teluk Lembu Kapasitas 21.6 MW” yang akan membahas tentang efisiensi pada turbin gas yang dimanfaatkan sebagai penunjang kinerja turbin gas[5]

2. Metode

Penelitian dilakukan pada unit 2 PLTG Teluk Lembu PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Pekanbaru. PLTG Teluk Lembu memiliki kapasitas Daya 2 x 21,6 MW. Pada tahap awal penelitian, dilakukan identifikasi masalah untuk mengetahui kondisi pembangkit yang akan dijadikan studi kasus pada tugas akhir ini. Permasalahan yang diangkat adalah mengenai

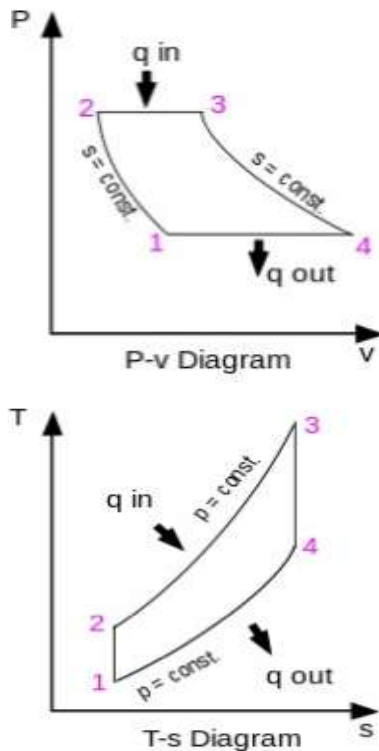
identifikasi jenis, lokasi dan nilai kerugian termal pada PLTG Teluk Lembu.

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi ke lapangan dengan mengambil sampel data aktual operasi unit. Data aktual diambil dari logsheet atau daily report PLTG Teluk Lembu pada lima hari per setiap jam nya di rata-rata kan. Data aktual operasi yang diambil adalah temperatur dan tekanan per setiap state nya, dan komposisi gas alam. Skema PLTG ditunjukkan pada Gambar 1 Sistem terdiri dari kompresor, ruang bakar dan turbin gas[6].



Gambar 1 Skema PLTG Teluk Lembu

Adapun diagram T-s dan P-v untuk siklus *brayton* seperti terlihat pada gambar 2 [6].



Gambar 2 Siklus Brayton PLTG

Berikut termodinamika untuk siklus Brayton ideal [6]:

- a. Proses 1 – 2 : Proses kompresi isentropik pada kompresor.

Proses kompresi secara adiabatik idealnya akan berlangsung tanpa ada panas yang keluar atau masuk ke dalam gas. Perubahan yang terjadi adalah volume udara mengecil ($v_1 > v_2$) dan tekanan akan membesar ($p_1 < p_2$). Proses ini merupakan proses kerja kompresor. Kerja spesifik kompresor itu sendiri adalah kalor spesifik yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor pada kondisi ideal.

$$W_k = \dot{m}_{ud} C_{pud} (T_2 - T_1) \quad (1)$$

- b. Proses 2 – 3 : Proses pembakaran pada tekanan konstan dalam ruang bakar.

Bahan bakar ditambahkan dengan udara bertekanan yang dialirkan ke ruang bakar. Perubahan terjadi pada volume yang bertambah besar ($v_2 < v_3$) dan temperatur yang menjadi tinggi ($T_2 < T_3$). Proses ini merupakan proses terjadinya pemasukan panas yang berarti besarnya kalor spesifik pada ruang bakar.

$$Q_{in} = \dot{m}_{bb} LHV = m_g C_{pg} (T_3 - T_2) \quad (2)$$

- c. Proses 3 – 4 : Proses ekspansi isentropik pada turbin.

Gas dari proses pembakaran akan diekspansikan melalui nozzle untuk memutar sudu turbin. Turbin akan mengubah energi kinetik gas panas

dari ruang bakar menjadi energi mekanik. Variabel yang berubah adalah temperatur dan tekanan yang menurun. Proses ini merupakan proses kerja turbin.

$$W_{GT} = \dot{m}_g C_{pg} (T_3 - T_4) \quad (3)$$

- d. Proses 4 – 1 : Proses pembuangan kalor pada tekanan konstan

Proses ini menyatakan besarnya kalor pada proses pembuangan kalor

$$Q_{out} = C_{pg} (T_4 - T_1) \quad (4)$$

Kemudian efisiensi thermal dari siklus Brayton ideal menjadi [6] :

$$\eta_{th,Brayton} = \frac{W_{GT,net}}{Q_{in}} = \frac{W_{GT} - W_k}{Q_{in}} \quad (5)$$

Proses 1 – 2 dan 3 – 4 isentropik, dan $P_2 = P_3$ dan $P_4 = P_1$. [6]

$$\frac{T_2}{T_3} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{(k-1)/k} = \frac{T_3}{T_4} \quad (6)$$

3. Hasil

Adapun hasil perhitungan kerja kompresor, kalor masuk, kerja turbin, dan efisiensi thermal PLTG di tunjukkan pada perhitungan sebagai berikut:

Diketahui :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{bb} &= 5390,66 \text{ MMBtu/hari} = 1,31 \text{ kg/s} \\ LHV &= 904 \text{ Btu/ft}^3 = 50017,48 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Untuk menghitung laju aliran massa udara dari bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ud} &= AFR_{akt} \times \dot{m}_{bb} \\ &= 71,87 \times 1,31 \text{ kg/s} \\ &= 94,15 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Laju aliran massa gas hasil pembakaran merupakan penjumlahan antara laju aliran massa udara dan bahan bakar (*natural gas*), yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{m}_g &= \dot{m}_{ud} + \dot{m}_{bb} \\ &= (94,15 + 1,31) \text{ kg/s} \\ &= 95,46 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Menghitung kerja dan kalor pada Komponen PLTG Teluk Lembu

Efisiensi isentropis kompresor dan turbin di asumsikan 88 % [7]

- Proses 1 – 2 : Proses kompresi isentropik pada kompresor, untuk menghitung kerja kompresor dapat menggunakan persamaan 2.1, maka :

$$\begin{aligned} W_k &= \dot{m}_{ud} \cdot C_{pud} (T_2(T_2 - T_1))/\eta_k \\ &= 32,18 \text{ MW} \end{aligned}$$

- Proses 2 – 3 : Proses pembakaran pada tekanan konstan (*isobar*) dalam ruang bakar. Persamaan 2.2 digunakan sehingga:

$$Q_{in} = \dot{m}_{bb} \times LHV = 1,31 \frac{kg}{s} \times 50017,48 \frac{kJ}{kg} = 65,52 MW$$

- Proses 3 – 4 : Proses ekspansi isentropik pada turbin, untuk menghitung kerja turbin gas dapat menggunakan persamaan 2.3 yaitu:

$$W_{GT} = \dot{m}_g \cdot C_{pg} (T_3 - T_4) \times \eta_T = 95,46 \frac{kg}{s} \left(\left(1,25 \frac{kJ}{kg.K} \times 1120,86 \text{ }^\circ K \right) - \left(1,13 \frac{kJ}{kg.K} \times 723,16 \text{ }^\circ K \right) \right) \times 0,89 = 48,24 MW$$

- Kerja netto turbin gas
Kerja netto pada turbin gas dapat dihitung dengan persamaan 2.4

$$W_{GT,net} = W_T - W_k = 49,62 MW - 32,18 MW = 16,06 MW$$

Sehingga untuk menentukan efisiensi termalnya dapat digunakan persamaan 2.5, sehingga:

$$\eta = \frac{W_{GT,net}}{Q_{bb}} = \frac{16,06 MW}{65,52 MW} = 0,2451 = 24,51 \%$$

Adapun hasil perhitungan rata-rata selama lima hari di tunjukkan tabel 1 dibawah ini

Tabel 1 Nilai Perhitungan Energi

Parameter	Nilai
$W_{kompresor}$	3,40 MW
Q_{in}	65,75 MW
W_{turbin}	48,63 MW
$W_{net,turbin}$	15,92 MW
Efisiensi Thermal	24,23 %

4. Pembahasan

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa hasil perhitungan rata-rata lima hari kerja kompresor senilai 3,40 MW, kalor yang masuk 65,75 MW, kerja turbin 48,63 MW, kerja bersih 15,92 MW dan didapat efisiensi termal PLTG 24,23%. Didasarkan bahwa efisiensi termal dari PLTG masih tergolong rendah berkisar antara 20 -30 %. PLTG Teluk Lembu berjumlah 2 unit yang sama-sama berkapasitas 21,6 MW. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari unit 2 PLTG Teluk Lembu, Pekanbaru, Riau, diketahui bahwa efisiensi termal sebenarnya (aktual) dari PLTG tersebut yaitu

24,23% dengan daya bersih yang dihasilkan 15,92 MW. Namun, untuk meningkatkan efisiensi termal tersebut perlu dilakukan siklus penggabungan antara PLTG dan PLTU (Combine cycle) dengan memanfaatkan gas buang dari PLTG Teluk Lembu yang masih cukup besar yaitu 459°C untuk dipergunakan sistem *combine cycle* di industri PLTG Teluk Lembu antara turbin gas dan turbin uap (PLTGU).

Perencanaan PLTGU ini merupakan gabungan antara pembangkit listrik tenaga gas dan pembangkit listrik tenaga uap, dimana perencanaan PLTGU ini terdiri dari 2 (Dua) unit turbin gas yang sama-sama berkapasitas 21600 kW atau 21,6 MW. Jika digunakan sistem gabungan (Combine Cycle) maka didapatkan peningkatan efisiensi termal dari siklus gabungan. Dengan memanfaatkan gas buang yang tinggi mampu meningkatkan efisiensi termal secara keseluruhan.

5. Simpulan dan Saran

Simpulan perhitungan yang telah dilakukan, didapat kerja kompresor 3,40 MW, kalor yang masuk 65,75 MW, kerja turbin 48,63 MW, kerja bersih 15,92 MW dan didapat efisiensi termal PLTG 24,23%

Adapun saran yang bisa di berikan penulis untuk kemajuan dan pengembangan penelitian ini adalah perlu dilakukan kajian *exergy* dan *exergoeconomic* juga *exergoenvironment* agar diketahui bagaimana kerugian biaya di lingkungan sekitar.

Daftar Pustaka

- [1] Kadir, Abdul. 2010. Energi Sumberdaya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi. Canada: John Wiley & Sosn, Inc.
- [2] Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM, 2014. *Statistik Ketenagalistrikan 2014*.
- [3] Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014*.
- [4] Matta, R.K., et al., 2000. *Power Systems for the 21st Century-H'' Gas Turbine Combined-cycles*.
- [5] Miswandi. 2015. *Analisis Exergy pada PLTG Teluk Lembu Kapasitas 20 MW*. Pekanbaru: Fakultas Teknik. Jurusan Teknik Mesin. Univesitas Riau
- [6] Cengel, Y.A., Boles M.A. 2015. *Thermodynamic An Engineering Approach*. New York: Mc Graw-Hill Education
- [7] Igbong, D.I, Fakorde, D.O. 2014. *Exergoeconomic Analysis of A 100 MW Unit GE Frame 9 Gas Turbine in Ughelli, Nigeria. International Journal of Engineering and Technology*