

ANALISIS PENGARUH PENGGANTIAN AIR INLET FILTER TERHADAP KERJA KOMPRESOR DI PT. ENERGI LISTRIK BATAM

Chrystin Bestari Simanjuntak, Irwanto Zarma Putra*, Handri Toar, Illa Aryeni

Politeknik Negeri Batam

*Email: irwanto@polibatam.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received date:

20 May 2024

Received in revised form date:

13 June 2024

Accepted date

19 June 2024

Available online date

20 June 2024

Abstract

Gas power plants have a quick response responsibility to load changes, particularly for the baseload. Over time, gas power plants (PLTG) will experience a performance decline, especially in the compressor. A decrease in compressor efficiency will impact the gas turbine. Maintaining compressor performance can be done through maintenance efforts, such as replacing the air inlet filter on the PLTG. The aim of this research is to obtain calculation results in analyzing the impact of air inlet filter replacement on compressor performance. The research method uses ideal thermodynamic cycle calculations for gas turbines. The impact of air inlet filter replacement maintenance can be seen on the air pressure entering the compressor in relation to compressor efficiency. The research results showed an increase in compressor efficiency by 2% at a 38 MW load and by 3% at a 39 MW load. The compressor work increased by 2898 kJ/s and 1974 kJ/s.

Keywords: Air inlet filter, baseload, efficiency, PLTG

Kata kunci:

Air Inlet Filter

Baseload

Efisiensi

PLTG

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Gas memiliki *responsibility* cepat pada perubahan beban terlebih pada *baseload*. Berselangnya waktu beroperasinya, PLTG akan mengalami penurunan performa terkhusus pada kompresor. Efisiensi kompresor berkurang akan berdampak pada turbin gas. Menjaga performa kompresor dari aspek lain dapat dilakukan upaya pemeliharaan penggantian *air inlet filter* pada PLTG. Tujuan penelitian untuk memperoleh hasil perhitungan dalam melakukan analisis pengaruh penggantian *air inlet filter* terhadap kerja kompresor. Metode penelitian menggunakan perhitungan siklus ideal termodinamika turbin gas. Pengaruh dilaksanakan pemeliharaan penggantian *air inlet filter* dapat dilihat pada tekanan udara yang masuk ke kompresor terhadap efisiensi kompresor. Dari hasil penelitian didapat peningkatan efisiensi kompresor di beban 38 MW 2% serta di beban 39 MW mengalami kenaikan sebesar 3%. Kerja kompresor meningkat sebesar 2.898kJ/s dan 1.974kJ/s.

1. PENDAHULUAN

Listrik banyak dibutuhkan era zaman modern dalam masyarakat maupun industri, sehingga pembangkit harus memenuhi keperluan listrik yang semakin meningkat maka diperlukan kestabilan dan elektabilitas penyaluran energi listrik yang dihasilkan oleh berbagai pusat pembangkit listrik [1]–[3]. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) ialah pembangkit listrik yang memakai mesin ataupun peralatan turbin gas untuk menggerakkan generator. Turbin gas didesain memakai prinsip kerja dalam tataran sederhana yaitu mentransformasikan energi panas yang didapatkan melalui proses pembakaran dari bahan bakar menjadi energi mekanik yang berikutnya ditransformasi sebagai energi listrik ataupun energi lainnya sejalan dengan keperluan [4], [5].

PLTG memiliki keunggulan dari segi waktu pengoperasiannya yang singkat dan daya pembangkitannya yang relatif besar. PLTG memiliki kecepatan *starting-up* yang singkat dalam waktu 10-20 menit. PLTG memiliki beberapa komponen fundamental yakni *compressor*, gas turbin serta *combustion chamber*. PT. Energi Listrik Batam ialah satu diantara berbagai perusahaan yang memberikan penyediaan energi listrik menggunakan bahan bakar gas. PLTG yang digunakan merupakan pembangkit *heavy duty* dengan kapasitas 2x35 MW. Jenis turbin ini memiliki masa pakai yang panjang, kemampuan operasional yang tinggi, serta efisiensinya secara umum dinilai bagus [6].

Seiring berjalannya waktu turbin gas yang beroperasi mengalami penurunan performa yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti temperatur udara lingkungan yang tinggi, penurunan *compressor discharge pressure* dikarenakan fouling pada *compressor*, dan kenaikan *differential pressure* pada air inlet filter dikarenakan komponen yang kotor. Hal ini dapat menyebabkan penurunan performa PLTG sehingga output daya listrik yang dikeluarkan tidak mampu mencapai beban yang sesuai spesifikasinya.

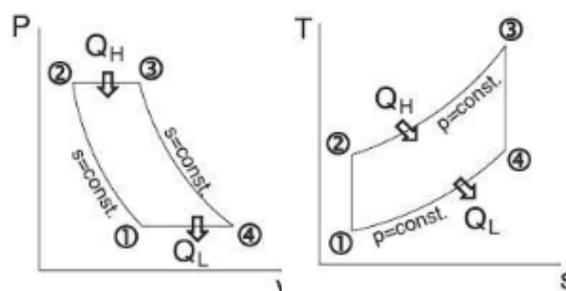
Pada turbin gas, sistem penyaringan udara masuk sangat penting karena berfungsi untuk menyaring kotoran dari udara luar yang dilakukan penarikannya oleh kompresor. Erosi dan bahkan korosi pada bilah kompresor bisa terjadi diakibatkan kontaminasi udara luar. Pada *Manual Book GE* hal ini dapat mengakibatkan kenaikan *differential pressure* yang juga berakibat fatal menyebabkan turbin alarm pada 1.5 kPa dan trip pada 2.1 kPa [7].

Penelitian ini memfokuskan untuk mengetahui kenaikan *differential pressure* terhadap penurunan kerja kompresor. Dengan mengetahui kerja kompresor dapat dilakukan pemeliharaan penggantian *air inlet filter* untuk mengembalikan kerja kompresor pada turbin gas yang memenuhi daya mampunya. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui nilai efisiensi kompresor dan kerja kompresor pada turbin gas unit 2 di PT. ELB, menguraikan pengaruh penggantian *air inlet filter* terhadap efisiensi kompresor [8].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Penelitian ini berasal dari studi literatur dan pengumpulan data-data teknis dan spesifikasi mesin PLTG di PT. Energi Listrik Batam. Data-data dipergunakan dalam memperhitungkan pengaruh penggantian *air inlet filter* terhadap kerja kompresor pada beban *baseload*. Data yang digunakan adalah pengamatan langsung dan pengamatan tak langsung. Pengolahan data menggunakan siklus Brayton yang merupakan siklus daya termodinamika ideal untuk turbin gas.

Siklus *Brayton* terdiri dari proses kompresi isentropik yang diakhiri dengan proses pelepasan panas pada tekanan konstan.



Gambar 1. Diagram P-V dan T-S

Pada saat keadaan *filter* dilakukan penggantian maka P_1 = nilai konstanta tekanan atmosfer – tekanan yang masuk pada *coalescer filter bank* yang dapat dilihat melalui PDI maupun *monitor HMI (Human Machine Interface)*. Data P_1 akan digunakan untuk mengetahui nilai pada *temperature outlet compressor*. Rumus menghitung *Temperature Outlet Compressor (T2')*:

$$T2' = T1 \times \left(\frac{P2}{P1}\right)^{\frac{K-1}{K}} \quad (1)$$

Keterangan:

$T2'$: *Temperature Outlet Compressor Theoretical*

T1: *Temperature Inlet Compressor*
P2: *Pressure Outlet Compressor*
P1: *Pressure Inlet Compressor*
K : Konstanta

Nilai *temperature outlet compressor* (T_2') yang ditemukan akan dipergunakan untuk mencari *enthalpi outlet compressor teoritis* (h_2') agar menemukan nilai efisiensi kompresor (η_{ca}). Rumus menghitung *enthalpi outlet compressor teoritis* (h_2') :

$$h_2' = \frac{(T_2' - T_b)}{(T_a - T_b)} \times (h_a - h_b) + h_b \quad (2)$$

Rumus menghitung nilai efisiensi kompresor (η_{ca}) :

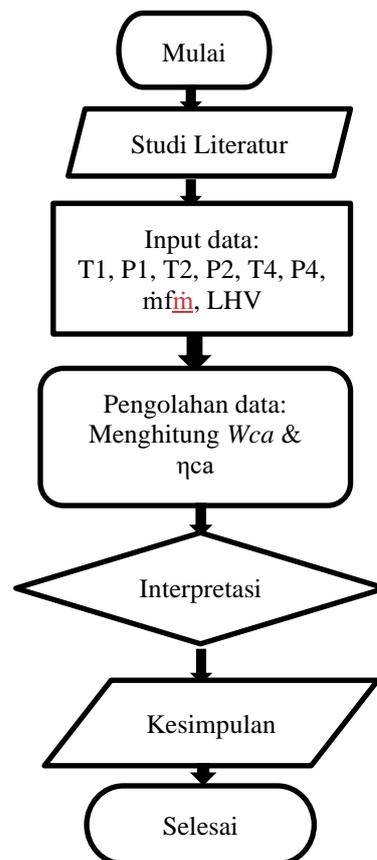
$$\eta_{ca} = \frac{h_2' - h_1}{h_2 - h_1} \times 100\% \quad (3)$$

Rumus menghitung nilai kerja yang dibutuhkan kompresor (W_{ca}) :

$$W_{ca} = \frac{\dot{m} a \times (h_2 - h_1)}{\eta_{ca}} \quad (4)$$

2.1. Flowchart

Adapun metode penelitian secara sistematis dijelaskan pada *flowchart* pada gambar 2 :



Gambar 2. Flowchart

2.2. Parameter Pengolahan Data

Keberhasilan komponen turbin pada proses *ideal* ukur dengan efisiensi yang merupakan parameter untuk menunjukkan tingkat keberhasilan pada efisiensi dan kerja kompresor dalam mendekati proses *ideal*. Parameter data yang akan digunakan dalam perhitungan ini diperoleh dari *central control room* PT. Energi Listrik Batam.

Tabel 1. Parameter data

No	Unit	Satuan	Simbol
1	Temperatur udara masuk kompresor	°K	T1
2	Tekanan udara masuk kompresor	Bar	P1
		Psi	
3	Temperatur udara keluar kompresor	°K	T2
4	Tekanan udara keluar kompresor	Bar	P2
		Psi	
5	Temperatur udara keluar turbin	°K	T4
6	Tekanan udara keluar turbin	Bar	P4
		Psi	
7	Laju aliran massa bahan bakar	kg/s	\dot{m}_{fb}
8	Nilai kalor bahan bakar	kJ/kg	LHV

Tabel 2. Parameter perhitungan

No	Unit	Simbol
1	Laju aliran udara	(\dot{m}_a)
2	Kerja kompresor	(W_{ca})
3	Efisiensi kompresor	(η_{ca})
4	Panas yang masuk ke ruang pembakaran	(Q_{in})

2.3. Air Inlet Filter

Dalam turbin gas apa pun, sistem penyaringan udara masuk sangat penting. Ketika udara luar ditarik oleh kompresor turbin gas, *filter* udara pada turbin gas berfungsi memfilter kotoran. Udara yang difilter digunakan sebagai campuran pembakaran dalam turbin gas. P1 tekanan udara yang masuk sudah kotor, hal utama dilakukan penggantian pada *coalescer filter bank*. Terdapat beberapa *air inlet filter* ini:

2.3.1. Upstream Module: Coalescer Filter Bank. *Filter* penyaringan permulaan yang dilakukan pemasangannya di *inlet air housing* dimana *filter* ini memiliki 120 *filter* pada tahap ini. Pada *filter* ini memiliki nilai alarm yang di control dalam monitor control yaitu 6.02 inH₂O atau senilai 152.907 mmH₂O bahwa filter kotor. Pada *filter* ini kita dapat menemukan perbedaan sebelum dan sesudah dilakukannya penggantian *air inlet filter*. Hal ini yang dapat terbaca pada alat indikator PDI (*Pressure Different Indikator*) dalam satuan Bar atau dikonversikan ke inH₂O maupun mmH₂O.



Gambar 3. Filter amerkool PT. ELB



Gambar 4. Pressure different indikator PT. ELB

2.3.2. Downstream Module: Prefilter dan HE Filter. Merupakan penyaringan tahap kedua yang terpasang pada *inlet air housing* dan juga memiliki 120 filter pada setiap tahap. Pada filter ini memiliki nilai *trip* yang di *control* dalam *monitor control* yaitu 8.43 inH₂O atau senilai 214.121 mmH₂O bahwa filter kotor.



Gambar 5. Prefilter PT. ELB



Gambar 6. HE filter PT. ELB

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang perhitungan dan data yang disajikan dalam bentuk grafik serta analisa hasil perbedaan antara sebelum dan sesudah dilakukannya penggantian *air inlet filter* pada tekanan yang masuk ke kompresor. Data yang digunakan data primer beban pada kondisi *base load* dari bulan Maret hingga Desember 2023

3.1. Spesifikasi Turbin Gas

PT Energi Listrik Batam menggunakan spesifikasi turbin dijelaskan Tabel 3:

Tabel 3. Spesifikasi turbin

<i>Turbine Gas</i>	<i>Generator</i>
Manufaktur : <i>General Electric</i>	Spec : IEC 60034-3
Tipe : <i>Frame 6B.03</i>	Daya Maksimum : 35 MW
Bahan Bakar : LNG	<i>Power Factor</i> : 0.8
Jenis <i>Burner</i> : <i>Annular Combustor</i>	Frekuensi : 50 Hz
Inlet <i>Burner</i> : 10	<i>Speed</i> : 3000 rpm
<i>SC Net Output (MW)</i> : 45	Jenis Pendinginan : Air suhu 32.2°C
<i>CC Net Output (MW)</i> : 70	Jumlah Kutub : 2
<i>Combined Cycle Efficiency</i> : >51%	<i>Excitasi Volts</i> : 186
	<i>Excitasi Amp</i> : 879
	<i>Protection</i> : IP54

3.2. Data Operasi dan Perhitungan Turbin Gas

Data yang diperoleh langsung dapat dilihat dari *logsheet* yang tersimpan diruangan *central control room* yang menjadi data yang telah diketahui seperti pada tabel 4:

Tabel 4. Data operasi sebelum penggantian *air inlet filter*

Parameter	Beban (MW)	
	38	39
<i>Flow Gas (Kg/s)</i>	2.7	2.7
<i>LHV (Kj/Kg)</i>	50222.78	50222.78
<i>Pressure Outlet Compressor (Bar)</i>	10.6	10.8
<i>Pressure Combustion (Bar)</i>	10.6	10.8
<i>Temp. Inlet Compressor (K)</i>	304	300
<i>Temp. Outlet Compressor (K)</i>	649	640
<i>Temp. Outlet Turbine (K)</i>	827	824
<i>Pressure Outlet Turbine (Bar)</i>	1.015	1.015

Tabel 5. Data operasi sesudah penggantian *air inlet filter*

Parameter	Beban (MW)	
	38	39
<i>Flow Gas (Kg/s)</i>	2.7	2.7
<i>LHV (Kj/Kg)</i>	50222.78	50222.78
<i>Pressure Outlet Compressor (Bar)</i>	10.7	10.9
<i>Pressure Combustion (Bar)</i>	10.7	10.9
<i>Temp. Inlet Compressor (K)</i>	305	306
<i>Temp. Outlet Compressor (K)</i>	644	645
<i>Temp. Outlet Turbine (K)</i>	825	827
<i>Pressure Outlet Turbine (Bar)</i>	1.015	1.015

Adapun hasil perhitungan pengelolaan dari data yang ditemukan sehingga menemukan nilai efisiensi kompresor dan kerja kompresor tercantum pada tabel 6:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kerja Kompresor

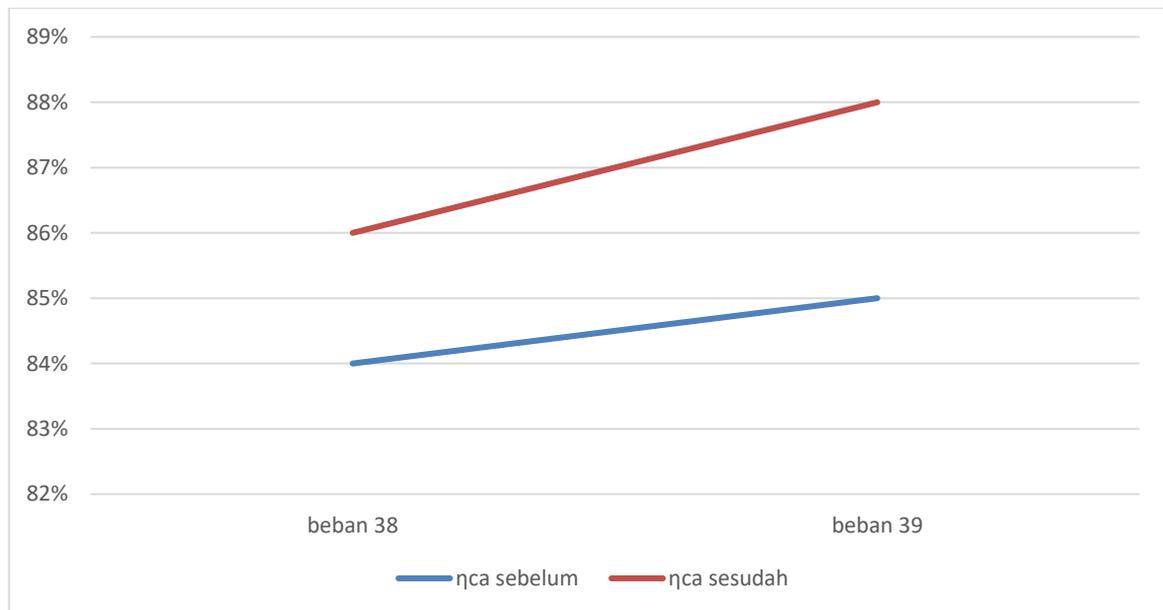
Waktu	Beban	h_2' (kj/kg)	Nca (%)	wca(kj/kg)	Qin(kj/s)	ma(kg/s)
sebelum	38	602.27	84%	55.934,18	50.894,11	143.776,89
sesudah	38	606.19	86%	58.697,38	50.577,63	146.006,14
sebelum	39	597.90	85%	58.832,85	49.805,47	143.448,81
sesudah	39	612.69	87%	60.671,79	48.631,49	141.301,53

Dapat dilihat dari tabel 6 bahwa entalpi outlet kompresor h_2' dipengaruhi oleh *pressure differential* yang masuk kedalam kompresor yang diketahui pada nilai *temperature outlet compressor* sesudah

dilakukan penggantian *air inlet filter* terhadap meningkatnya efisiensi pada kompresor dan memengaruhi besarnya kerja kompresor yang juga meningkat. Dari hasil perhitungan ini dapat dijabarkan bahwa ada peningkatan efisiensi kompresor.

3.3. Grafik Perbandingan Nilai Efisiensi Kompresor η_{ca}

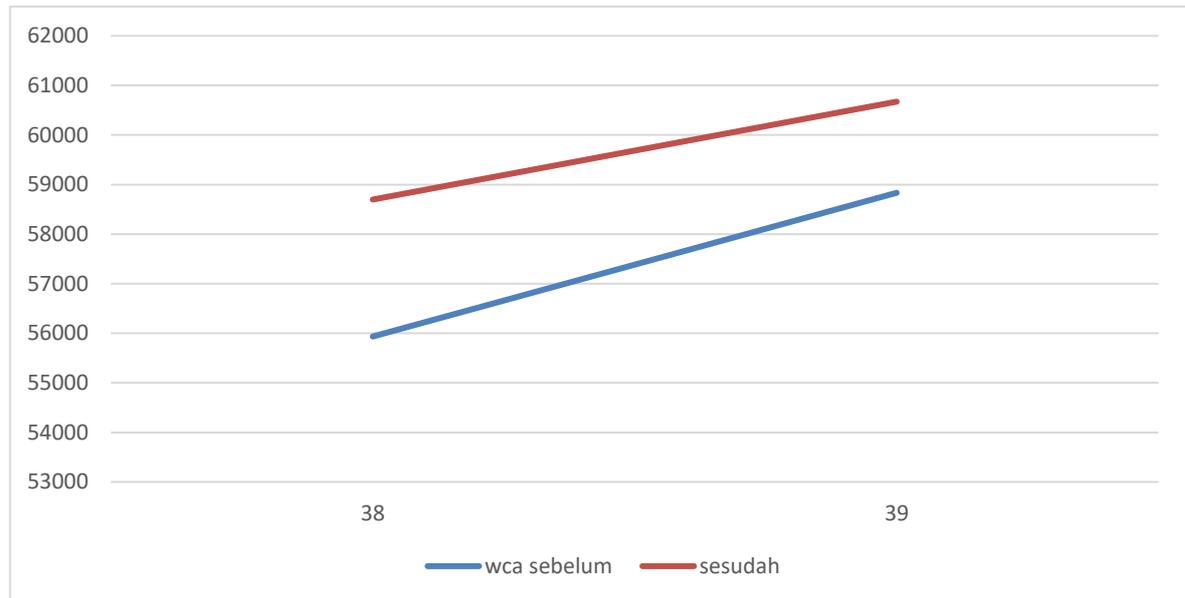
Pada gambar 7 ini dapat di ketahui bahwa mengalami peningkatan terhadap beban *baseload* setelah dilakukan penggantian *air inlet filter*. Pada beban 38 MW sebelum dilakukan penggantian *air inlet filter* sebesar 84% dan kenaikan efisiensi setelah dilakukan menjadi 86%. Sementara saat beban 39 MW sebelum dilakukan penggantian *air inlet filter* sebesar 85% dan mengalami kenaikan efisiensi menjadi 88%.



Gambar 7. Perbandingan efisiensi kompresor

3.4. Grafik Perbandingan Nilai Kerja yang Dibutuhkan Kompresor W_{ca}

Pada gambar 8 perbandingan nilai kerja yang dibutuhkan kompresor mengalami kenaikan pada hasil kerja di kompresor. Pada beban 38 MW dapat dilihat kerja kompresor sebelum dilakukan penggantian *air inlet filter* nilai kerja kompresor 55.934,18 kJ/s dan setelah dilakukan menjadi 58.697,38 kJ/s. Pada beban 39 MW sebelum dilakukan penggantian *air inlet filter* nilai kerja kompresor 58.832,85 KJ/s dan setelah dilakukan menjadi 60.671,79 kJ/s.



Gambar 8. Perbandingan nilai kerja yang dibutuhkan kompresor

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Penggantian *Air Inlet Filter* yang dijadikan dalam pemeliharaan atas bekerjanya *filter* dalam memisahkan udara dari partikel yang dapat mengganggu bekerja kompresor yang menyebabkan *differential pressure* meningkat. Maka dari hasil perhitungan dan analisis efisiensi kompresor dan kerja kompresor sebelum dan sesudah penggantian *air inlet filter* pada bab 4 dapat diambil kesimpulan yang berkaitan dengan analisis pengaruh *air inlet filter* terhadap kerja kompresor di PT. Energi Listrik Batam sebagai berikut:

1. Penggantian *air inlet filter* hal yang menjadi tugas dalam menjaga keandalan pada kerja kompresor sebagai tahapan pertama dalam siklus PLTG. Kegiatan ini sudah mengikuti jadwal pemeliharaan turbin dimana juga harus tetap melihat *indicator differential pressure (PDI)*.
2. Pada perhitungan pun dapat dilihat bahwa mengalami peningkatan terhadap kerja kompresor pada keadaan *baseload* setelah dilakukan Penggantian *air inlet filter*. Efisiensi kompresor pada beban 38 MW meningkat sebesar 2% dan pada beban 39 MW sebesar 3%. Pada kerja kompresor mengalami luaran yang bagus pada beban 38 MW sebesar 28.986,61 KJ/s dan pada 39 MW sebesar 19.744,12 kJ/s.

4.2. Saran

Pada hasil kesimpulan yang didapat menunjukkan pentingnya memperhatikan indikator *air inlet filter coalescer filter bank* yang dapat membuat kerja kompresor meningkat yang memengaruhi keandalan efisiensi dan kerja kompresor pada turbin dalam beroperasi. Sangat disarankan tetap melakukan pemantauan terhadap *indicator diffrential pressure* dan sesuai dengan perhitungan efisiensi dan kerja kompresor pada tabel 6 dengan perkiraan waktu seperti 6 bulan bahkan 3 bulan sekali dengan memperhatikan jumlah tekanan tidak mencapai 1.5 kPa yang membuat alarm bahkan trip di 2.1 kPa *trip* pada turbin.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. A. Cengel Yunus and M. A. Boles, *Thermodynamics an Engineering Approach 5th Edition By Yunus A Cengel: ThermodynamicsAn Engineering Approach*, McGraw-Hill Engineering, 2011.
- [2] D. Purwanto and R. Nurhasanah, "Analisis Pengaruh Temperatur Masuk Kompresor Terhadap Efisiensi Thermal PLTG Unit 3.2 Grati," in *Prosiding Seminar Nasional Energi, Kelistrikan, Teknik, dan Informatika (SNEKTI)*, 2022, pp. 43.
- [3] A. A. Antariksa and N. Sinaga, "Optimisasi Performa Gas Turbine Generator (GTG) Unit Pltgu Cilegon Pgu Melalui Analisis Performa Pada Variabel Beban Berbeda Dan Strategi Peningkatan Efisiensi PT. PLN Indonesia Power Cilegon PGU," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 39–48, 2023.

- [4] V. Nabilah, R. S. Marpaung, and R. Nainggolan, “Analisis Pengaruh Pemeliharaan Komponen PLTG Terhadap Unjuk Kerja Turbin Gas PT PLN UPDK Belawan,” in *Prosiding Konferensi Nasional Social and Engineering Polmed (KONSEP)*, 2022, pp. 1047–1055.
- [5] C. Buana, S. Suwasti, A. Arman, and H. Hafizh, “Analisis Pengaruh Tekanan dan Temperatur Udara Terhadap Kinerja Turbin Gas pada Sistem PLTGU pada PT. Consolidate Electric Power Asia,” *Sinergi*, vol. 16, no. 2, pp. 162–168, 2019.
- [6] D. M. Kamal and N. Firbarini Nadira, “Pengaruh Temperatur Inlet Kompresor Terhadap Kinerja Peralatan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG),” in *Seminar Nasional – XX Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*, 2021, pp. 1–6.
- [7] B. Setiawan and G. Hidayat, “Analisis Pengaruh Compressor Washing Terhadap Efisiensi Kompresor Dan Efisiensi Thermal Turbin Gas Blok 1.1 PLTG UP Muara Tawar,” *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 49–54, 2017.
- [8] F. L. Firmansyah, “Analisa perbandingan performa turbin gas PLTGU unit 1.2 dan 1.3 pada beban 50 MW dan 100 MW,” *Tugas Akhir*, pp. 1–86, 2017.