



**DASHBOARD ANALISIS PERFORMA DAN EKSERGI
TURBIN GAS UNIT 3.1 KAPASITAS 235 MW
STUDI KASUS PLTGU PT X**

SKRIPSI

**FARMA HILAL HAMDI
1910311013**

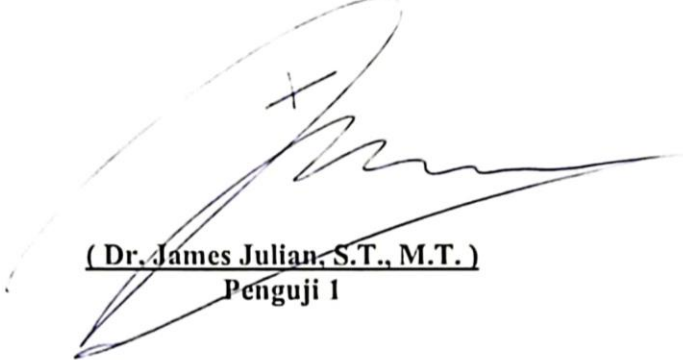
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
2023**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI


Skripsi diajukan oleh:

Nama : Farma Hilal Hamdi
NIM : 1910311013
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Dashboard Analisis Performa Dan Eksergi Turbin Gas
Unit 3.1 Kapasitas 235 MW Studi Kasus PLTGU PT X

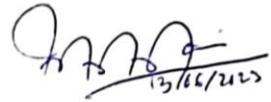
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.


(Dr. James Julian, S.T., M.T.)

Penguji 1

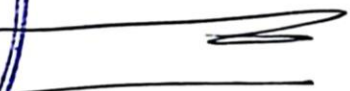

(Ir. Mohammad Galbi, M.T.)


Penguji Lembaga


(Fahrudin, S.T., M.T.)
13/05/2023

Penguji/Pembimbing 1




(Dr. Henry Binsar Hamonangan Sitorus, S.T., M.T.)
Dekan Fakultas Teknik


(Fahrudin, S.T., M.T.)
13/05/2023
Kepala Program Studi

Disahkan di : Jakarta

Pada tanggal : 24 Mei 2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Farma Hilal Hamdi
NIM : 1910311013
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Dashboard Analisis Performa Dan Eksergi Turbin Gas
Unit 3.1 Kapasitas 235 MW Studi Kasus PLTGU PT X

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,

Pembimbing 1



(Fahrudin, ST., MT.)

Pembimbing 2

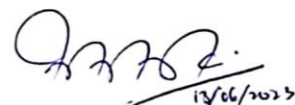


(Dr. Damora Rhakasywi, ST. MT.)

Jakarta, 24 Mei 2023

Mengetahui,

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin



(Fahrudin, ST., MT.)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Proposal ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Farma Hilal Hamdi

NIM : 1910311013

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 24 Mei 2023

Yang menyatakan,



(Farma Hilal Hamdi)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farma Hilal Hamdi
NIM : 1910311013
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Rights) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Dashboard Analisis Performa Dan Eksergi Turbin Gas Unit 3.1 Kapasitas
235 MW Studi Kasus PLTGU PT X”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mengaplikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 24 Mei 2023
Yang menyatakan,


(Farma Hilal Hamdi)

**DASHBOARD ANALISIS PERFORMA DAN EKSERGI
TURBIN GAS UNIT 3.1 KAPASITAS 235 MW
STUDI KASUS PLTGU PT X**

Farma Hilal Hamdi

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan salah satu pembangkit listrik yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Ketika masa operasionalnya, komponen dari PLTG akan mengalami perubahan performa dan eksergi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk memantau performa dan eksergi dari PLTG secara *real time* dengan bantuan Looker Studio. Sehingga, ketika terjadi penurunan performa dan eksergi, terdapat diagram alir tindakan sebagai dasar tindakan yang perlu dilakukan oleh PT X. Parameter-parameter performa dan eksergi yang dapat dipantau dari dashboard yaitu: BWR, efisiensi termal, efisiensi eksergi, eksergi, kalor masuk dan keluar, kerja, *heat rate*, dan SFC. Metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan siklus brayton ideal dan Looker Studio untuk memantau performa dan eksergi secara *real time*. Kemudian, melakukan komparasi antara awal PLTG beroperasi (2011) dengan saat ini beroperasi (2023). Berdasarkan hasil penelitian, efisiensi termal unit mengalami peningkatan sebesar 1.98% dari kondisi awal. Kemudian, efisiensi eksergi unit mengalami peningkatan sebesar 6.24% dari kondisi awal. Dapat disimpulkan, bahwa semakin tinggi beban yang diberikan, maka efisiensi termal dan efisiensi eksergi akan semakin tinggi juga.

Kata Kunci: Eksergi, Looker Studio, Performa, Pembangkit Listrik Tenaga Gas

**DASHBOARD PERFORMANCE AND EXERGY ANALYSIS
OF GAS TURBINE UNIT 3.1 235 MW CAPACITY CASE
STUDY OF PLTGU PT X**

Farma Hilal Hamdi

ABSTRACT

Gas Power Plant (PLTG) is one of the most widely used power plants in the industrial world. During its operational period, the components of the PLTG will experience changes in performance and exergy. This study has the objective of monitoring the performance and exergy of the PLTG on an ongoing basis *real time* with the help of Looker Studio. Thus, when there is a decrease in performance and exergy, there is a flow chart of actions as a basis for actions that need to be taken by PT X. The performance and exergy parameters that can be monitored from the dashboard are: BWR, thermal efficiency, exergy efficiency, exergy, heat in and out, work, *heat rate*, and SFC. The method used is the ideal Brayton cycle and Looker Studio to monitor performance and exergy *real time*. Then, make a comparison between the start of the PLTG operating (2011) and currently operating (2023). Based on the research results, the thermal efficiency of the unit has increased by 1.98% from the initial condition. Then, the exergy efficiency of the unit increased by 6.24% from the initial condition. It can be concluded that the higher the applied load, the higher the thermal efficiency and exergy efficiency.

Keywords: Exergy, Looker Studio, Performance, Gas Power Plant

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis telah menyelesaikan skripsi dengan baik dan tepat waktu. Adapun penulisan proposal skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin.

Dalam penyelesaiannya, penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini pun tak lepas dari bantuan berupa materi, informasi, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, di kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan serta memberikan semangat kepada penulis setiap waktu.
3. Seluruh keluarga penulis yang memberikan bantuan dalam berbagai hal demi kelancaran dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Henry Binsar Hamonangan Sitorus, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
5. Bapak Fahrudin, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan skripsi ini dan dosen pembimbing I dalam penulisan skripsi.
6. Bapak Dr. Damora Rhakasywi, ST., MT. selaku dosen pembimbing II dalam penulisan skripsi.
7. Bapak Dr. James Julian, ST., MT. selaku dosen pengarah dalam penulisan skripsi ini.
8. PT X. yang telah memberikan kesempatan dalam pengambilan data-data yang dibutuhkan, sarana, dan prasarana.

9. Bapak Andrias Wahyu, selaku humas PT X. yang membantu dari proses pengajuan hingga selesai.
10. Bapak Raihan Muhammad, selaku *senior central control room* blok 3, selaku mentor dan pembimbing lapangan dalam penulisan skripsi ini.
11. Seluruh jajaran dosen dan staff di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah membantu semua proses perizinan serta administrasi.
12. M. Jive Bimasakti, S.T., sebagai pembimbing dan membantu dalam Menyusun skripsi ini.
13. Annisa Rahma Cahya Putri, M. Alvin Jordan, Rika Diana yang telah membantu dan mendukung penelitian ini.
14. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2019, 2020, 2021 yang telah memberikan dukungan dan juga doa.

Dengan rendah hati penulis pun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak di kemudian hari.

Jakarta, 21 Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas.....	7
2.3 Klasifikasi Turbin Gas	8

2.3.1	Berdasarkan Siklusnya.....	8
2.3.2	Berdasarkan Konstruksinya	10
2.4	Siklus Brayton.....	11
2.4.1	Siklus Brayton Ideal.....	11
2.4.2	Siklus Brayton Aktual.....	13
2.5	Komponen Utama Turbin Gas	13
2.5.1	Kompresor	14
2.5.2	Ruang bakar	14
2.5.3	Turbin.....	17
2.6	Komponen Bantu Turbin Gas	19
2.6.1	<i>Air System</i>	19
2.6.2	<i>Fuel Gas System</i>	21
2.6.3	<i>Lube Oil System</i>	21
2.6.4	<i>Control System</i>	22
2.7	Dasar Termodinamika Pembangkit Listrik Tenaga Gas.....	22
2.7.1	Temperatur Ideal.....	22
2.7.2	Laju Aliran Massa Gas	23
2.7.3	Kalor Masuk dan Keluar.....	23
2.7.4	Efisiensi Komponen.....	24
2.7.5	Kerja Komponen.....	25
2.7.6	Analisis Performa	25
2.7.7	Analisis Eksergi	27
2.8	Looker Studio	30
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		31
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
3.2	Teknik Pengumpulan Data.....	31

3.2.1	Metode Pengamatan Langsung.....	31
3.2.2	Metode Pengamatan Tidak Langsung.....	31
3.2.3	Metode Studi Literatur.....	32
3.2.4	Metode Wawancara	32
3.2.5	Metode Pengumpulan Data Operasional	32
3.3	Teknik Pengolahan Data.....	32
3.3.1	Pengolahan Data Menggunakan Teori Siklus Brayton Ideal dan Eksergi Total.....	32
3.3.2	Pengolahan Data Menggunakan Looker Studio	35
3.4	Teknik Analisis Data	37
3.5	Diagram Alir Penelitian	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Data Operasional Turbin Gas	40
4.2	Perhitungan Performa dan Eksergi Turbin Gas	43
4.2.1	Perhitungan Performa Turbin Gas	43
4.2.2	Perhitungan Eksergi Turbin Gas.....	50
4.3	Analisis dan Pembahasan Siklus Brayton Ideal	59
4.4	Analisis dan Pembahasan.....	61
4.4.1	Analisis Efisiensi Komponen.....	61
4.4.2	Analisis Kalor Komponen	63
4.4.3	Analisis Kerja Komponen.....	64
4.4.4	Analisis Efisiensi Termal Unit.....	66
4.4.5	Analisis <i>Specific Fuel Consumption</i>	67
4.4.6	Analisis <i>Heat Rate</i>	68
4.4.7	Analisis <i>Back Work Ratio</i>	69
4.4.8	Analisis Kehancuran Eksergi Komponen.....	70

4.4.9	Analisis Efisiensi Eksergi Komponen	72
4.4.10	Analisis Efisiensi Eksergi Unit	73
4.4.11	Analisis Diagram Eksergi	75
4.5	Dashboard Performa dan Eksergi Turbin Gas	76
4.6	Diagram Alir Tindakan	79
BAB 5 PENUTUP		84
5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran	84

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Turbin Gas.....	8
Gambar 2. 2. Siklus terbuka.....	9
Gambar 2. 3. Siklus tertutup.....	9
Gambar 2. 4. Siklus kombinasi.....	10
Gambar 2. 5. Poros tunggal.....	10
Gambar 2. 6. Poros ganda.....	11
Gambar 2. 7. Diagram siklus brayton ideal.....	11
Gambar 2. 8. Siklus brayton aktual.....	13
Gambar 2. 9. Komponen utama turbin gas.....	13
Gambar 2. 10. Kompresor turbin gas.....	14
Gambar 2. 11. Jenis-jenis <i>combustor</i>	15
Gambar 2. 12. <i>Combustor basket</i>	15
Gambar 2. 13. <i>Flame detector</i>	16
Gambar 2. 14. <i>Fuel nozzle</i>	16
Gambar 2. 15. <i>Igniter</i>	17
Gambar 2. 16. <i>Transition piece</i>	17
Gambar 2. 17. <i>Turbine rotor</i>	18
Gambar 2. 18. <i>Turbine stator</i>	18
Gambar 2. 19. <i>Inlet guide vane</i>	19
Gambar 2. 20. <i>Bleed valve</i>	20
Gambar 2. 21. <i>Exhaust section</i>	21
Gambar 2. 22. Dashboard Looker Studio.....	30
Gambar 3. 1. Skema pengolahan data.....	35
Gambar 3. 2. Halaman utama Looker Studio.....	35
Gambar 3. 3. Halaman Google Connectors.....	36
Gambar 3. 4. Dashboard penelitian.....	36
Gambar 3. 5. Diagram alir penelitian.....	39
Gambar 4. 1. Lokasi masing-masing stage.....	40
Gambar 4. 2. Diagram P-v dan T-s dari masing-masing variasi beban.....	59
Gambar 4. 3. Grafik efisiensi komponen terhadap variasi beban.....	61

Gambar 4. 4. Grafik kalor komponen terhadap variasi beban.	63
Gambar 4. 5. Grafik kerja komponen terhadap variasi beban.	64
Gambar 4. 6. Grafik efisiensi termal terhadap variasi beban.	66
Gambar 4. 7. Grafik Specific Fuel Consumption terhadap variasi beban.....	67
Gambar 4. 8. Grafik Heat Rate terhadap variasi beban.....	68
Gambar 4. 9. Grafik Back Work Ratio terhadap variasi beban.	69
Gambar 4. 10. Grafik kehancuran eksergi komponen terhadap variasi beban.....	70
Gambar 4. 11. Grafik efisiensi eksergi komponen terhadap variasi beban.....	72
Gambar 4. 12. Grafik efisiensi eksergi unit terhadap variasi beban.	73
Gambar 4. 13. Diagram eksergi.	75
Gambar 4. 14. Dashboard performa dan eksergi turbin gas.....	76
Gambar 4. 15. Diagram Alir Tindakan	80

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Spesifikasi turbin gas unit 3.1.	31
Tabel 4. 1. Data operasional turbin gas saat ini (2013)	41
Tabel 4. 2. Data operasional turbin gas saat awal operasional (2011).....	42
Tabel 4. 3. Tabel hasil perhitungan $T2s$ dan $T4s$	43
Tabel 4. 4. Tabel hasil perhitungan entalpi.	44
Tabel 4. 5. Tabel hasil perhitungan laju aliran massa udara, bahan bakar dan gas	45
Tabel 4. 6. Tabel hasil perhitungan kalo masuk dan keluar.	46
Tabel 4. 7. Tabel hasil perhitungan efisiensi komponen.....	47
Tabel 4. 8. Tabel hasil perhitungan kerja komponen.	48
Tabel 4. 9. Tabel hasil perhitungan efisiensi termal.	49
Tabel 4. 10. Tabel hasil perhitungan SFC.....	49
Tabel 4. 11. Tabel hasil perhitungan HR.	50
Tabel 4. 12. Tabel hasil perhitungan (BWR).	50
Tabel 4. 13. Tabel hasil perhitungan entropi.....	51
Tabel 4. 14. Tabel hasil perhitungan eksergi fisik.	52
Tabel 4. 15. Tabel hasil perhitungan eksergi kimia.	53
Tabel 4. 16. Tabel hasil perhitungan eksergi total.	54
Tabel 4. 17. Tabel hasil perhitungan eksergi fuel dan produk.	55
Tabel 4. 18. Tabel hasil perhitungan kehancuran eksergi dan rasio eksergi.....	57
Tabel 4. 19. Tabel hasil perhitungan efisiensi eksergi komponen.	58
Tabel 4. 20. Tabel hasil perhitungan efisiensi eksergi unit.....	59

DAFTAR NOTASI

Latin Letters

<i>E</i>	Eksergi (kJ/s)
<i>h</i>	Entalpi (kJ/kg)
<i>m</i>	Laju aliran massa (kg/s)
<i>M</i>	Massa molar
<i>P</i>	Tekanan (bar)
<i>Q</i>	Kalor (kJ/s)
<i>T</i>	Temperatur (K)
<i>W</i>	Kerja (kJ/s)

Greek Letters

η	Efisiensi (%)
--------	---------------

Subscripts

0	Sisi lingkungan
1	Sisi <i>inlet</i> kompresor
2	Sisi <i>outlet</i> kompresor
3	Sisi <i>inlet</i> turbin
4	Sisi <i>outlet</i> turbin
5	Sisi <i>inlet</i> ruang bakar
<i>a</i>	Udara
<i>C</i>	Kompresor
<i>CH</i>	Kimia
<i>f</i>	Bahan bakar
<i>g</i>	Gas
<i>in</i>	<i>Inlet</i>
<i>k</i>	Konstanta
<i>KN</i>	Kinetik
<i>net</i>	Netto
<i>out</i>	<i>Outlet</i>

<i>PH</i>	Fisik
<i>pro</i>	Produk
<i>PT</i>	Potensial
<i>s</i>	Isentropik
<i>tot</i>	Total
<i>T</i>	Turbin

Abbreviations

<i>SFC</i>	<i>Specific fuel consumption</i>
<i>HR</i>	<i>Heat rate</i>
<i>BWR</i>	<i>Back work ratio</i>