



**ANALISIS PERFORMA DAN EKSERGI TURBIN GAS
TERHADAP KEGIATAN *TURBINE INSPECTION* DI PT.
PEMBANGKIT X**

SKRIPSI

**MUHAMMAD JIVE BIMASAKTI
1810311047**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
2022**



**ANALISIS PERFORMA DAN EKSERGI TURBIN GAS
TERHADAP KEGIATAN *TURBINE INSPECTION* DI PT.
PEMBANGKIT X**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

MUHAMMAD JIVE BIMASAKTI

1810311047

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

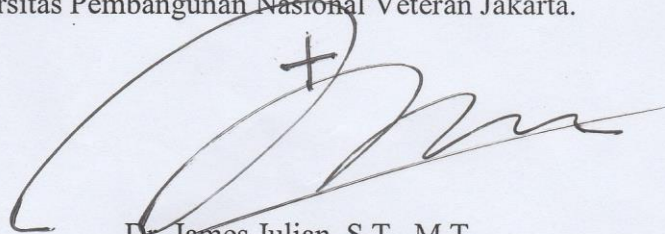
2022

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

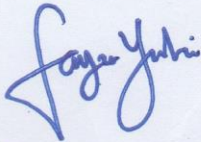
Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Jive Bimasakti
NIM : 1810311047
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Performa dan Eksergi Turbin Gas Terhadap
Kegiatan *Turbine Inspection* di PT. Pembangkit X

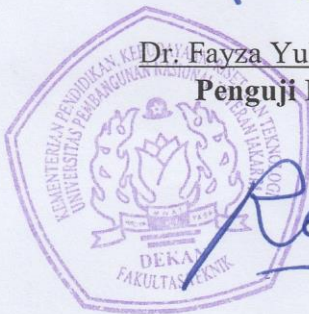
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



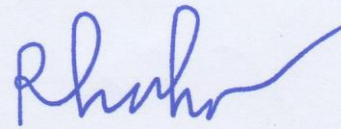
Dr. James Julian, S.T., M.T.
Penguji 1



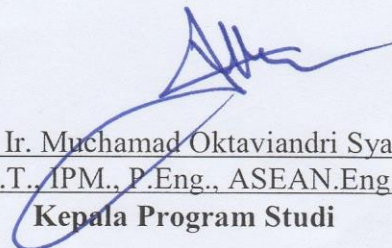
Dr. Fayza Yulia, S.T., M.T.
Penguji Lembaga



Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc., M.Si., IPU
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP
Penguji/Pembimbing I



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri Syas,
M.T., IPM., P.Eng., ASEAN.Eng.
Kepala Program Studi

Disahkan di : Jakarta

Pada tanggal : 29 Juni 2022

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Analisis Performa dan Eksergi Turbin Gas Terhadap Kegiatan *Turbine Inspection* di PT. Pembangkit X

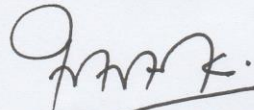
Dipersiapkan dan disusun oleh:

Muhammad Jive Bimasakti
1810311047

Menyetujui,



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP
Pembimbing I



Fahrudin, S.T., M.T.
Pembimbing II

Mengetahui,



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri Syas, M.T., IPM., P.Eng., ASEAN.Eng.
Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah karya saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Jive Bimasakti

NIM : 1810311047

Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 5 Juli 2022

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Jive Bimasakti

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Jive Bimasakti
NIM : 1810311047
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:

ANALISIS PERFORMA DAN EKSERGI TURBIN GAS TERHADAP KEGIATAN *TURBINE INSPECTION* DI PT. PEMBANGKIT X

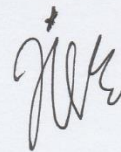
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mengaplikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 5 Juli 2022

Yang menyatakan,



(Muhammad Jive Bimasakti)

**ANALISIS PERFORMA DAN EKSERGI TURBIN GAS
TERHADAP KEGIATAN *TURBINE INSPECTION* DI PT.
PEMBANGKIT X**

Muhammad Jive Bimasakti

ABSTRAK

Pembangkit listrik adalah objek vital yang mendukung perekonomian negara. Dalam sektor ini, pembangkit listrik merupakan pilar perekonomian negara yang seluruh perawatannya harus selalu terjaga dan terawat agar dapat beroperasi dengan optimal untuk menjaga performa dari pembangkit tersebut. Pemeliharaan yang dilaksanakan ialah *Turbine Inspection (TI)*. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh kegiatan *Turbine Inspection* terhadap performa dan eksergi turbin gas. Pengaruh kegiatan *Turbine Inspection* dilihat dari efisiensi kompresor, efisiensi turbin, efisiensi termal, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi eksergi. Oleh karena itu, penulis berusaha untuk menghitung serta menganalisis performa dan eksergi turbin gas terhadap kegiatan *Turbine Inspection*. Data yang diambil adalah data operasi bulan Juli 2020 – Januari 2022. Proses perhitungan dilakukan secara teori dan menggunakan *software cycle tempo*. Hasil analisis yang didapatkan adalah efisiensi kompresor, nilai terbesar terjadi di bulan Januari 2022 sebesar 87,76% dan terkecil terjadi di Mei 2021 sebesar 85,36%, efisiensi turbin, nilai terbesar terjadi di bulan Januari 2022 sebesar 89.20% dan terkecil terjadi di Februari 2021 sebesar 87,12%, efisiensi termal, nilai terbesar terjadi di Januari 2022 sebesar 37,34% dan terkecil terjadi di Juli 2021 sebesar 29.86%, konsumsi bahan bakar, nilai terbesar terjadi di Juli 2021 sebesar 0,204 kg/kwh dan terkecil terjadi di Januari 2022 sebesar 0.169 kg/kwh, dan efisiensi eksergi, nilai terbesar terdapat di bulan Januari 2022 dengan nilai 41,04% dan efisiensi eksergi terkecil terdapat di bulan Juli 2021 sebesar 33,99%.

Kata kunci : Efisiensi, Turbin Gas, *Cycle Tempo*, Efisiensi Termal, Konsumsi Bahan Bakar, Eksergi, *Turbine Inspection*

ANALYSIS OF GAS TURBINE PERFORMANCE AND EXERGY AGAINST TURBINE INSPECTION ACTIVITIES AT PT. PEMBANGKIT X

Muhammad Jive Bimasakti

ABSTRACT

Power plant is a vital object that supports the country's economy. In this sector, power plants are a pillar of the country's economy, all of which must always be maintained in order to operate optimally to maintain the performance of the power plant. Maintenance carried out is Turbine Inspection (TI). This study aims to determine the effect of Turbine Inspection on the performance and exergy of gas turbines. The effect of Turbine Inspection is seen from compressor efficiency, turbine efficiency, thermal efficiency, specific fuel consumption, and exergy efficiency. Therefore, the authors attempt to calculate and analyze the performance and exergy of gas turbines for Turbine Inspection activities. The data taken is operating data for July 2020 – January 2022. The calculation process is carried out theoretically and using cycle tempo software. The results of the analysis obtained are compressor efficiency, the largest value occurred in January 2022 of 87.76% and the smallest value occurred in May 2021 of 85.36%, turbine efficiency, the largest value occurred in January 2022 of 89.20% and the smallest value occurred in February 2021 of 87.12%, thermal efficiency, the largest value occurred in January 2022 of 37.34% and the smallest value occurred in July 2021 of 29.86%, fuel consumption, the largest value occurred in July 2021 at 0.204 kg/kwh and the smallest occurred in January 2022 at 0.169 kg/kwh, and exergy efficiency, the largest value was in January 2022 with a value of 41.04% and the smallest exergy efficiency was in in July 2021 by 33.99%.

Keywords : Efficiency, Gas Turbine, Cycle Tempo, Thermal Efficiency, Specific Fuel Consumption, Exergy, Turbine Inspection

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mendapatkan kesehatan dan keselamatan selama masa pandemi ini serta dapat menunaikan kewajiban skripsi dengan benar dan tepat waktu. Skripsi ini dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terwujud dengan baik tanpa bantuan, saran, dorongan, dan doa baik langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas karunia dan petunjuk-Nya yang telah diberikan kepada penulis.
2. Papa dan Mama, Vega Aditya Sugiharto, S.E. dan Puji Triati yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan, baik moral maupun material, sehingga dapat menyelesaikan pendidikan tepat waktu.
3. Adik tercinta, Carina Ayu Dwitya Putri yang selalu membantu dengan kekompakan dan rasa persaudaraan yang kuat
4. Opa, Hamat Tarmin atas kasih sayang dan doa yang senantiasa dipanjatkan setiap hari, untuk keberhasilan cucu - cucunya.
5. Dengguh dan Dei yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis.
6. Om Monang, dan Tante Wahyu untuk doa dan semangat yang telah diberikan.
7. Om Yan Permenas Mandenas, Om Jack Komboy, Om Erwin Rinaldi Kbarek yang memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP dan Bapak Fahrudin, S.T., M.T selaku dosen pembimbing sekaligus pembimbing akademis yang telah bersedia membantu dan menyisihkan waktu, bimbingan, dan sarannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
9. Dosen-dosen dan pejabat Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jakarta.
10. Bapak Raihan Muhammad, selaku *Senior Control Room (B) PLTGU PT.*

Pembangkit X sekaligus mentor yang membantu penulis selama masa penyusunan skripsi.

11. Bapak Muhammad Hizbullah Abrori, selaku Ahli Muda *Control Room* (B) PLTGU PT. Pembangkit X sekaligus mentor yang membantu penulis selama masa penyusunan skripsi.
12. Rizki Maulana dan Reza Arnanda yang telah membantu penulis selama pengambilan data dan melakukan penelitian.
13. Ralfy Nathan Gibran, Rizki Maulana, Reza Arnanda, Mohamad Toda, Andhika Febryan, dan Rika Diana yang menemani penulis selama perkuliahan offline maupun online dan tidak lupa memberikan semangat kepada penulis selama masa penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis meminta maaf jika ada kesalahan dalam penulisan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca di masa yang akan datang.

Jakarta, 23 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN PENGUJI	ii
PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Sistematika Penelitian	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)	7
2.2. Komponen Utama Turbin Gas	7
2.3. Komponen Bantu Turbin Gas	13
2.4. Siklus PLTG (Siklus Brayton)	17
2.5. Analisis Termodinamika PLTG	20
2.6. <i>Maintanance</i> Turbin Gas	28
2.7. <i>Software Cycle Tempo</i>	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	35

3.2. Teknik Pengumpulan Data	35
3.3. Teknik Pengolahan Data.....	36
3.4. Teknik Analisis Data.....	39
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Scope of Work Overhaul <i>Turbine Inspection</i>	41
4.2. Perhitungan Data <i>Performance Test</i>	42
4.3. Perhitungan Efisiensi Termal Dengan <i>Software Cycle Tempo</i> .	81
4.4. Perbandingan Perhitungan Manual dengan <i>Software</i>	82
4.5. Analisis Diagram P-v dan T-s Siklus Brayton.....	83
4.6. Analisis dan Pembahasan	84
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1. Kesimpulan.....	91
5.2. Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Operasi GT 3.2 Juli 2020.....	42
Tabel 4. 2 Data Operasi GT 3.2 Agustus 2020.....	42
Tabel 4. 3 Data Operasi GT 3.2 September 2020.....	43
Tabel 4. 4 Data Operasi GT 3.2 Oktober 2020.....	44
Tabel 4. 5 Data Operasi GT 3.2 November 2020.....	44
Tabel 4. 6 Data Operasi GT 3.2 2 Desember 2020.....	45
Tabel 4. 7 Data Operasi GT 3.2 Januari 2021.....	46
Tabel 4. 8 Data Operasi GT 3.2 Februari 2021.....	46
Tabel 4. 9 Data Operasi GT 3.2 Maret 2021.....	47
Tabel 4. 10 Data Operasi GT 3.2 April 2021.....	48
Tabel 4. 11 Data Operasi GT 3.2 Mei 2021.....	48
Tabel 4. 12 Data Operasi GT 3.2 Juni 2021.....	49
Tabel 4. 13 Data Operasi GT 3.2 Juli 2021.....	50
Tabel 4. 14 Data Operasi GT 3.2 Januari 2022.....	50
Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Nilai T_{2s} dan T_{4s}	51
Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Nilai Entalpi.....	52
Tabel 4. 17 Hasil perhitungan nilai pf , mf , Qin , dan mg	54
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi dan Kerja Kompresor dan Turbin	57
Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Nilai Performa Turbin Gas.....	60
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Nilai Entropi.....	62
Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Nilai Eksergi Fisik Pada Setiap <i>State</i>	64
Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan Nilai Eksergi Kimia.....	67
Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Eksergi Total Pada Setiap <i>State</i>	67
Tabel 4. 24 Hasil Perhitungan Kehancuran dan Efisiensi Eksergi Komponen	72
Tabel 4. 25 Hasil Perhitungan Efisiensi Eksergi Siklus PLTG.....	80
Tabel 4. 26 Parameter Input.....	81
Tabel 4. 27 Nilai Efisiensi Termal Dengan <i>Software Cycle Tempo</i>	81
Tabel 4. 28 Nilai Efisiensi Dengan Perhitungan Manual dan Simulasi.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)	7
Gambar 2. 2 Komponen Utama Turbin Gas	8
Gambar 2. 3 Tipe <i>Combustor</i>	9
Gambar 2. 4 <i>Fuel Nozzle</i>	9
Gambar 2. 5 <i>Combustor Basket</i>	10
Gambar 2. 6 <i>Igniter</i>	10
Gambar 2. 7 <i>Flame Detector</i>	11
Gambar 2. 8 <i>Transition Piece</i>	11
Gambar 2. 9 Stator Turbin.....	12
Gambar 2. 10 Rotor Turbin	12
Gambar 2. 11 <i>Air Inlet</i>	13
Gambar 2. 12 <i>Inlet Guide Vane</i>	13
Gambar 2. 13 <i>Bleed Valve</i>	14
Gambar 2. 14 <i>Knock Out Drum</i>	15
Gambar 2. 15 <i>Filter Separators</i>	15
Gambar 2. 16 <i>Condensate Drain Tank</i>	15
Gambar 2. 17 <i>Cold Vent Stack</i>	16
Gambar 2. 18 <i>Fuel Gas Compressor</i>	16
Gambar 2. 19 <i>Fuel Gas Heater</i>	17
Gambar 2. 20 <i>Exhaust System</i>	17
Gambar 2. 21 Urutan Siklus Brayton.....	18
Gambar 2. 22 Siklus Brayton Ideal.....	18
Gambar 2. 23 Siklus Brayton Aktual.....	19
Gambar 2. 24 Skema Sistem PLTG PT. Pembangkit X	20
Gambar 2. 25 Lembar Kerja <i>Software Cycle Tempo</i>	31
Gambar 2. 26 Skema Kompresor.....	32
Gambar 2. 27 Skema Combustor.....	33
Gambar 2. 28 Skema Turbin	33
Gambar 3. 1 Skema Gambar	38
Gambar 3. 2 Contoh Parameter Yang Harus Diinput	38

Gambar 3. 3 Tool Run.....	39
Gambar 3. 4 Keterangan Simulasi Yang Sukses	39
Gambar 3. 5 Hasil Simulasi.....	39
Gambar 3. 6 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 4. 1 Pemodelan Siklus Turbin Gas	81
Gambar 4. 2 Hasil Diagram T-s Pada Bulan Juli 2021 dan Januari 2022.....	83
Gambar 4. 3 Grafik Efisiensi Kompresor	84
Gambar 4. 4 Grafik Efisiensi Turbin	84
Gambar 4. 5 Grafik <i>Heat Rate</i>	85
Gambar 4. 6 Grafik <i>Back Work Ratio</i>	86
Gambar 4. 7 Grafik <i>Specific Fuel Consumption</i>	86
Gambar 4. 8 Grafik Efisiensi Termal.....	87
Gambar 4. 9 Grafik Kehancuran Eksergi	88
Gambar 4. 10 Grafik Efisiensi Eksergi Komponen	88
Gambar 4. 11 Grafik Efisiensi Eksergi	90

DAFTAR NOTASI

P	: Tekanan (Bar)
T	: Temperatur (K)
h	: Entalpi (kJ/kg)
s	: Entropi (kJ/kgK)
Q_{in}	: Kalor masuk turbin (kJ/s)
V_f	: Volume Bahan Bakar (Nm^3/h)
LHV	: <i>Low Heating Value</i> (kJ/m^3)
η_c	: Efisiensi kompresor aktual (%)
\dot{W}_C	: Kerja kompresor aktual (kJ/s)
\dot{m}_a	: <i>mass flow air</i> (kg/s)
η_{comb}	: Efisiensi <i>combustor</i> aktual (%)
η_t	: Efisiensi turbin aktual (%)
\dot{W}_T	: Kerja turbin aktual (kJ/s)
\dot{m}_g	: <i>mass flow gas</i> (kg/s)
W_{netto}	: Kerja netto aktual (kJ/s)
η_{th}	: Efisiensi <i>thermal</i> (%)
SFC	: Jumlah bahan bakar yang di konsumsi (kg/kwh)
\dot{m}_f	: <i>mass flow fuel</i> (kg/s)
BWR	: <i>Back Work Ratio</i> (kJ/s)
E	: Eksergi (kJ/s)
E_d	: Kehancuran Eksergi (kJ/s)
M	: Massa Molar (kJ/kmol)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Simulasi Efisiensi Termal Siklus Turbin Gas Menggunakan Perhitungan Numerik

Lampiran 2 Diagram P-v dan T-s Siklus Brayton